

## POJOK IKLIM

# ADAPTASI MIKROBA HUTAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM GLOBAL SAAT INI



Maman Turjaman, Asep Hidayat, Ragil SB Irianto  
Luciasih Agustini, Sarah A. Faulina  
Laboratorium INTROF CC, Pusat Litbang Hutan, BLI,  
Kemen-LHK, Jakarta, 6 Juni 2018



# MAMAN TURJAMAN

- PENDIDIKAN** : S1-(1989) Fakultas Kehutanan-IPB di BOGOR  
S2-(1995) Universite de Henri Poincare di NANCY-PRANCIS  
S3-(2007) UGAS-Iwate University di IWATE-JEPANG
- JABATAN** : PENELITI UTAMA
- BIDANG KEAHLIAN** : MIKROBIOLOGI HUTAN
- Jumlah paper** : 6 paper international (first author)  
14 paper international (co-author)
- H-INDEX** : 12 (Google Scholar)  
7 (Scopus)
- SINTA SCORE** : 17.25 ( Ranking: 860 dari 107.279 Penulis)
- WEBOMETRICS** : 422



# ISI PRESENTASI

1. PENDAHULUAN
2. INTERAKSI MIKROBA Vs PERUBAHAN IKLIM
3. APA ITU SIMBIOSIS MIKORIZA?
4. MAHAR SIMBIOSIS
5. ADAPTASI DAN STATUS SIMBIOSIS FUNGI MIKORIZA
6. VALUASI EDIBLE MUSHROOMS
7. NASA : SIMBIOSIS MIKORIZA –INDIKATOR PERUBAHAN IKLIM
8. PERAN MIKORIZA UNTUK MITIGASI PERUBAHAN IKLIM
9. SUMMARY
10. REKOMENDASI

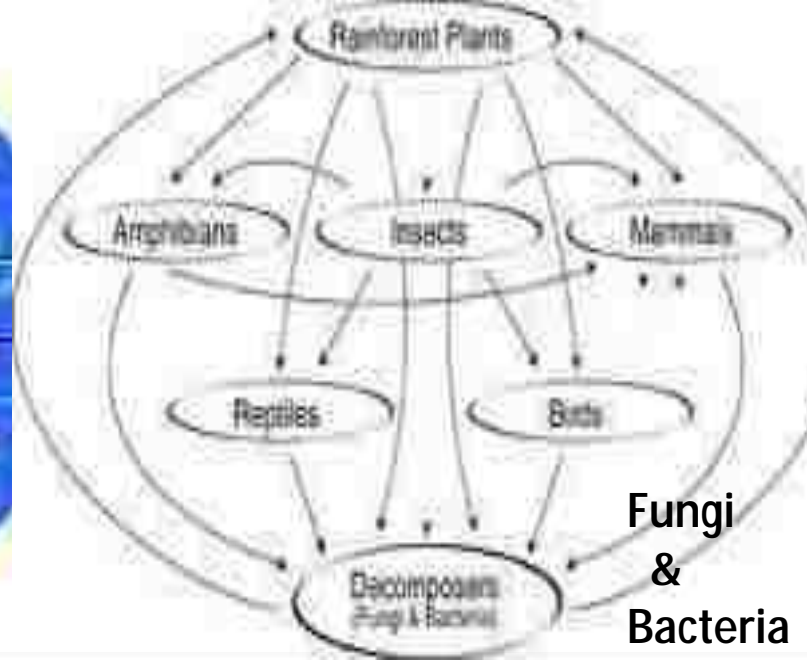


# PENDAHULUAN





- Chordates
- Plants
- Molluscs
- Crustaceans
- Protozoa
- Insects
- Algae
- Archaea
- Nematodes
- Fungi
- Viruses
- Bacteria
- Others



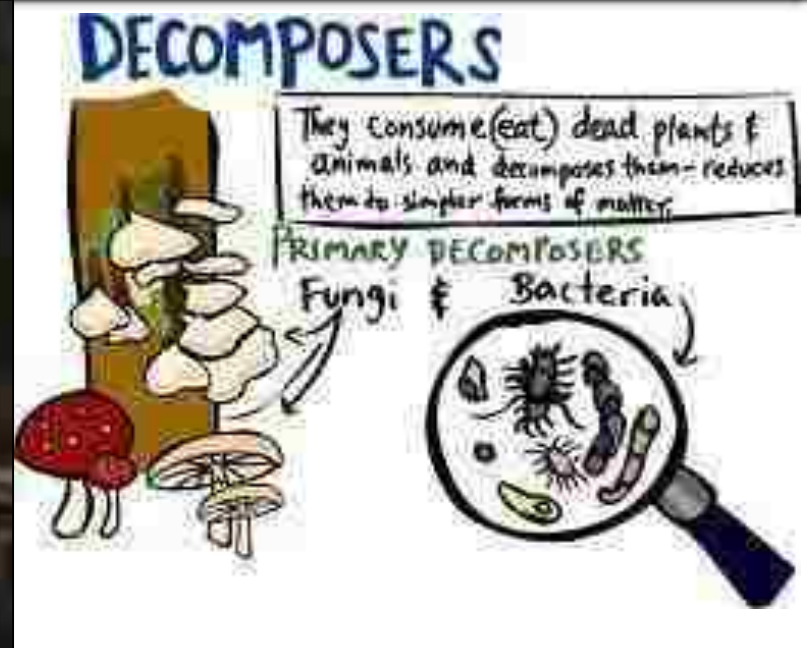
**Mikroba Hutan sebagai perantara & pemanfaat produksi karbon dr tanaman**



**Hemioporus retisporus**



**Jamur Morel Asal Rinjani**





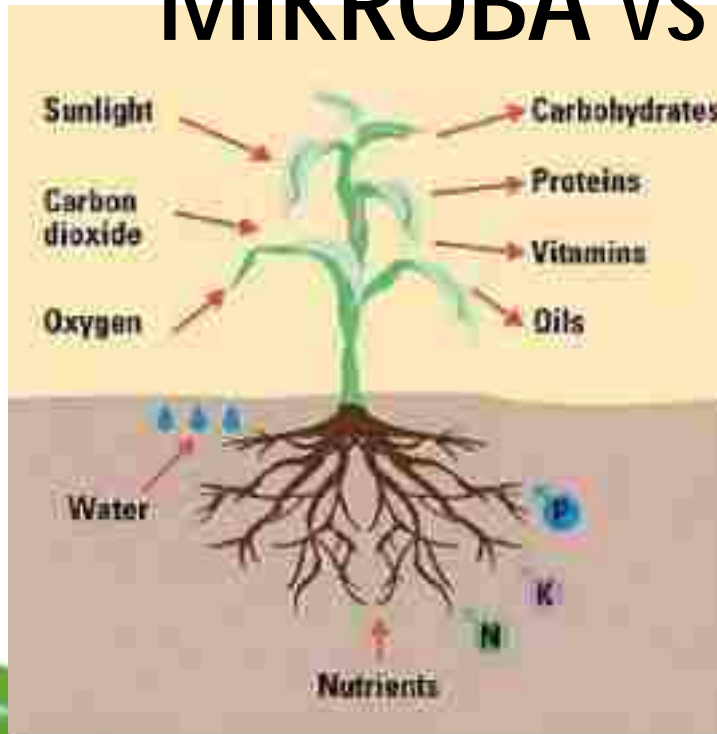
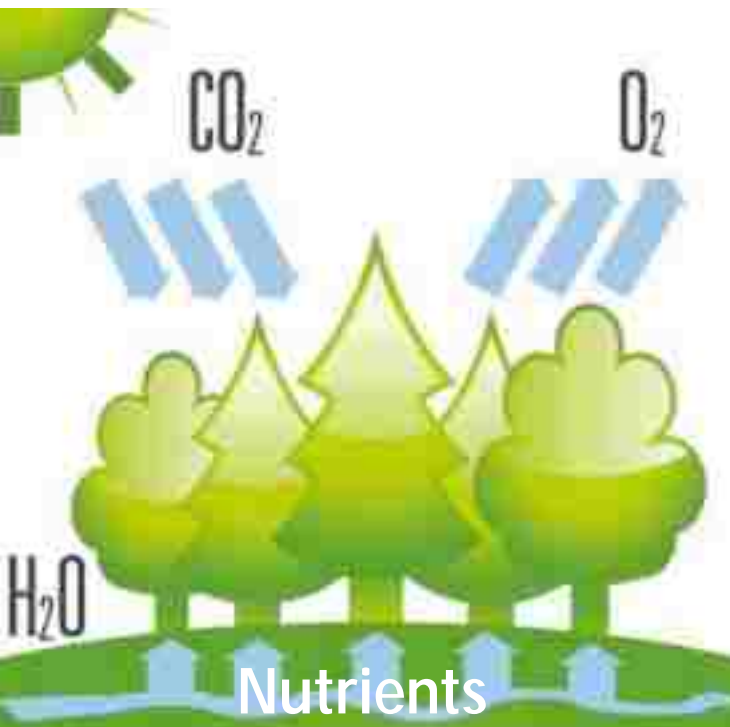
# MIKROBA VS SERANGGA



Para peneliti memasukkan satu jenis serangga - stinkbug hijau selatan ke dalam inkubator tetap 2,5 oC lebih hangat daripada suhu di luar.

Pemanasan global bisa menghentikan stinkbug hijau selatan mencapai kematangan seksual dengan mempengaruhi 'bakteri ramah' di usus mereka

# MIKROBA vs VEGETASI



## Struktur Ektomikoriza



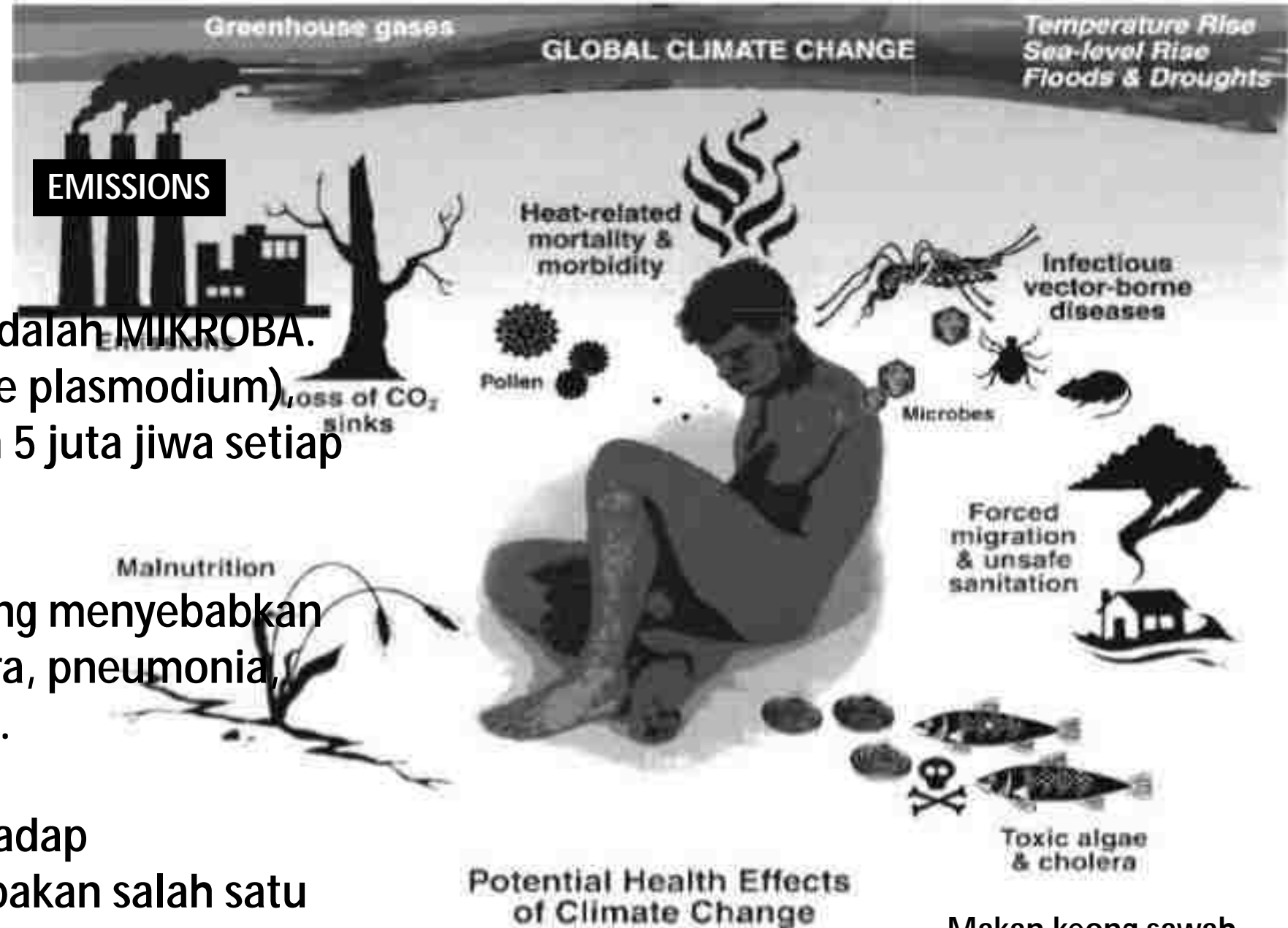


# MIKROBA

Vs

# MANUSIA

- Pembunuh No. 1 manusia adalah MIKROBA. HIV (virus), malaria (parasite plasmodium), dan TBC (bakteri), kematian 5 juta jiwa setiap tahunnya.
- Pembunuh No.2 bakteri yang menyebabkan penyakit diare, difteri, kolera, pneumonia, kematian > 2 juta per tahun.
- Penggunaan antibiotik terhadap patogenisitas bakteri merupakan salah satu kemajuan terbesar yang pernah dilakukan untuk memperbaiki kesehatan manusia.



Makan keong sawah (Tutut) keracunan bakteri, dll.



# MIKROBA vs MANUSIA



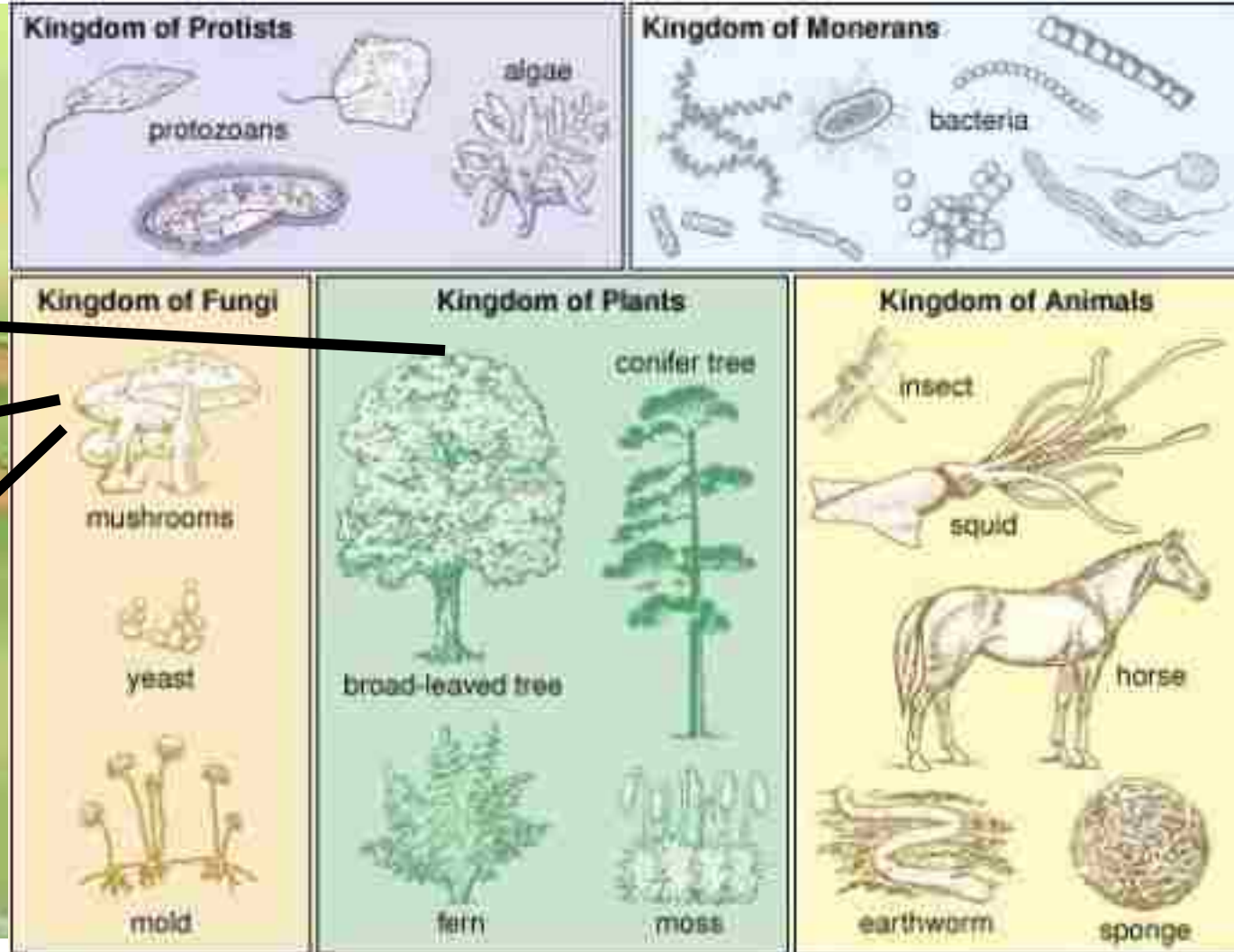
## PEMBURU JAMUR "EDIBLE MUSHROOM" DI HUTAN





Tujuan :

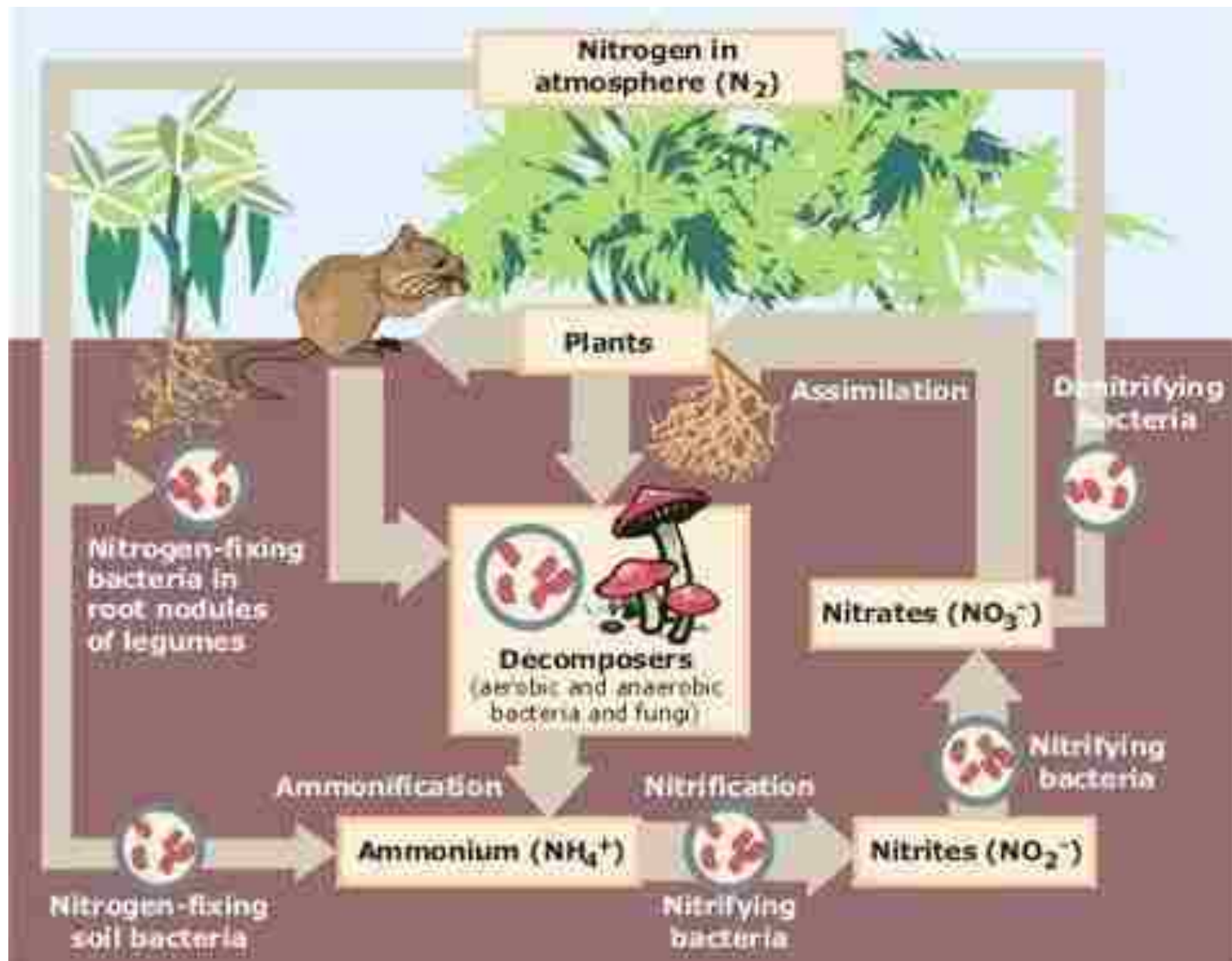
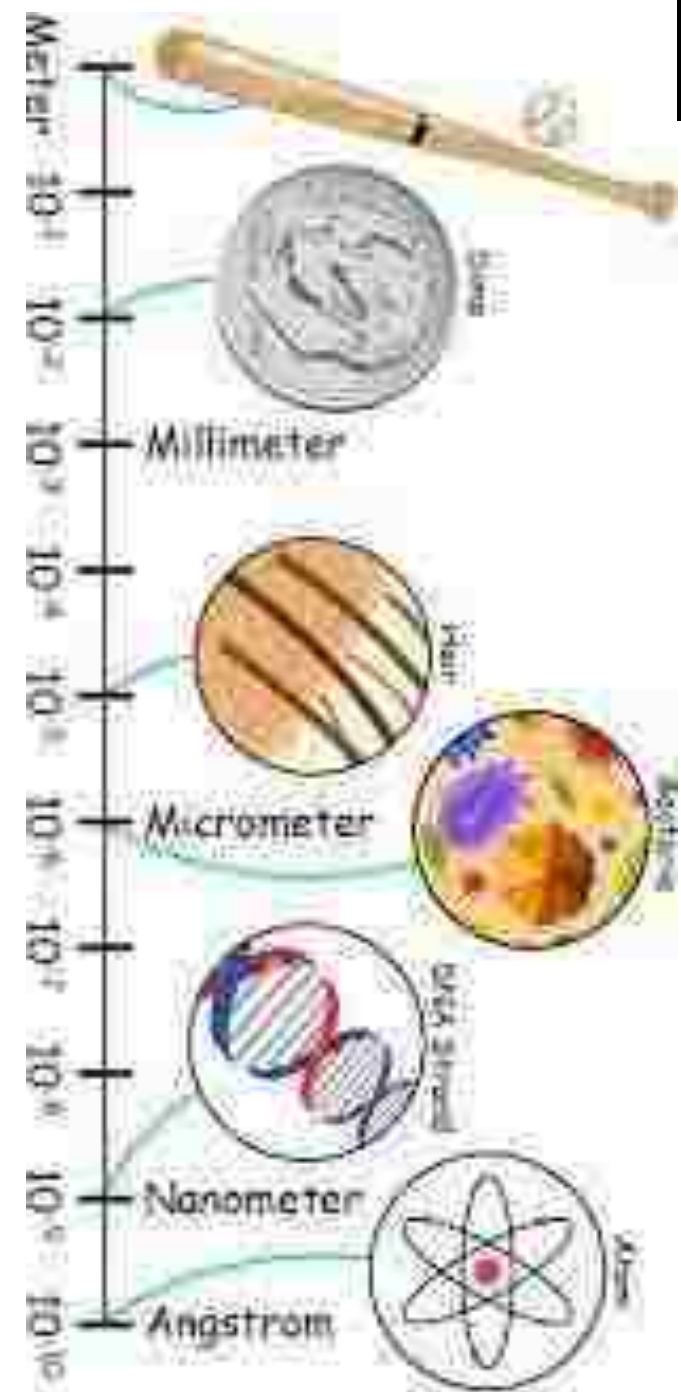
mereviu daya adaptasi mikroba hutan terhadap perubahan iklim global saat ini



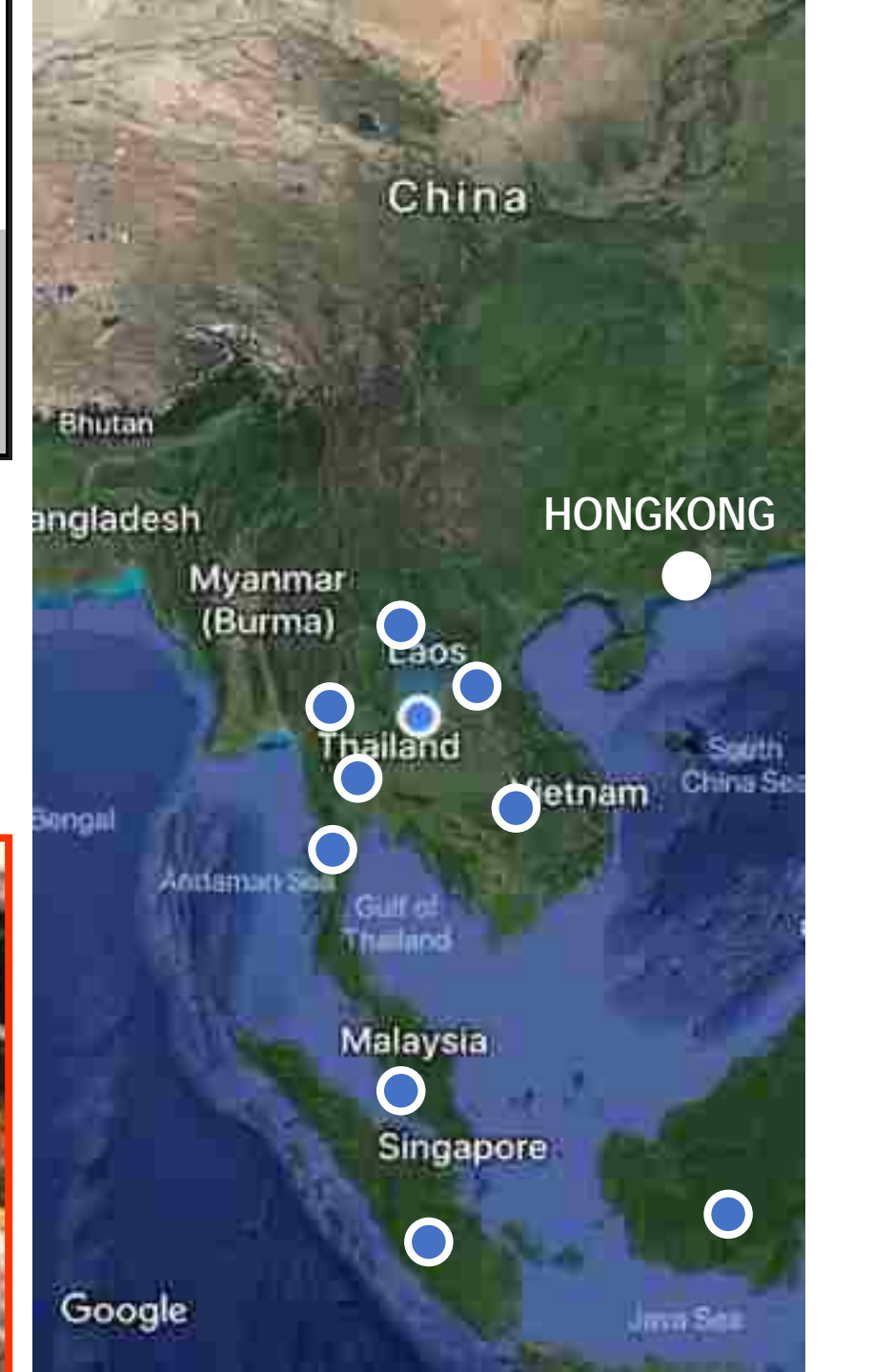
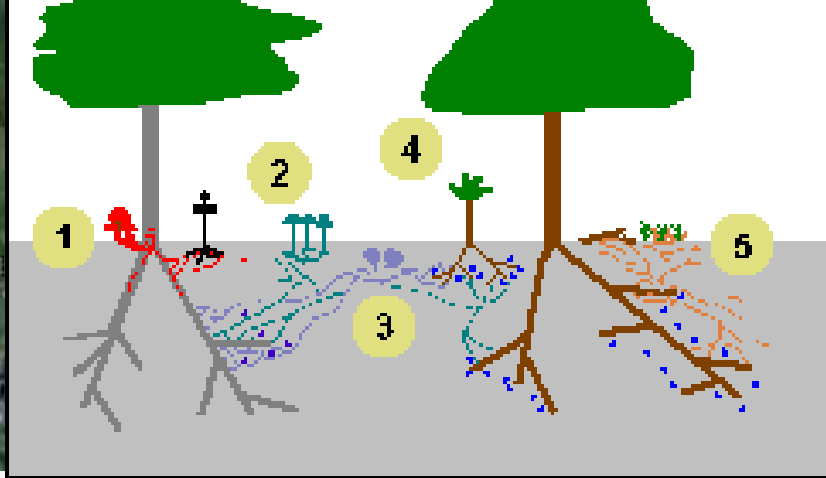


# MIKROBA Vs MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

# 2









# Restorasi ekosistem hutan berbasis teknologi ektomikoriza di Thailand



**Bibit Meranti  
BERMIKORIZA**



**Tubuh Buah Ektomikoriza**



**JAMUR EKTOMIKORIZA-EDIBLE MUS**



**Mungkin ini tugas Ditjen P**



# Mengedukasi petani hutan ttg peran mikoriza di Thailand



Pot Bambu



Inokulan ektomikoriza



Penyiapan inokulan



Bibit bermikoriza



Penyediaan benih



Pengamatan di mikroskop

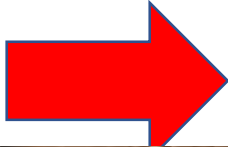


Penanaman bibit



Penanaman bibit





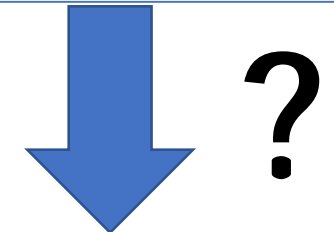
# Adopsi teknologi ramah lingkungan



Atap daun kelapa/alang-alang

Menanam 1 juta Ha  
Di Rawa-Gambut

1.000.000.000 Bibit  
dalam polybag



Batok Kelapa sebagai media kecambah





# BEAT POLLUTION PLASTIC

Tons of plastic waste generated annually



Inadequately managed plastic waste



Daun Kelapa

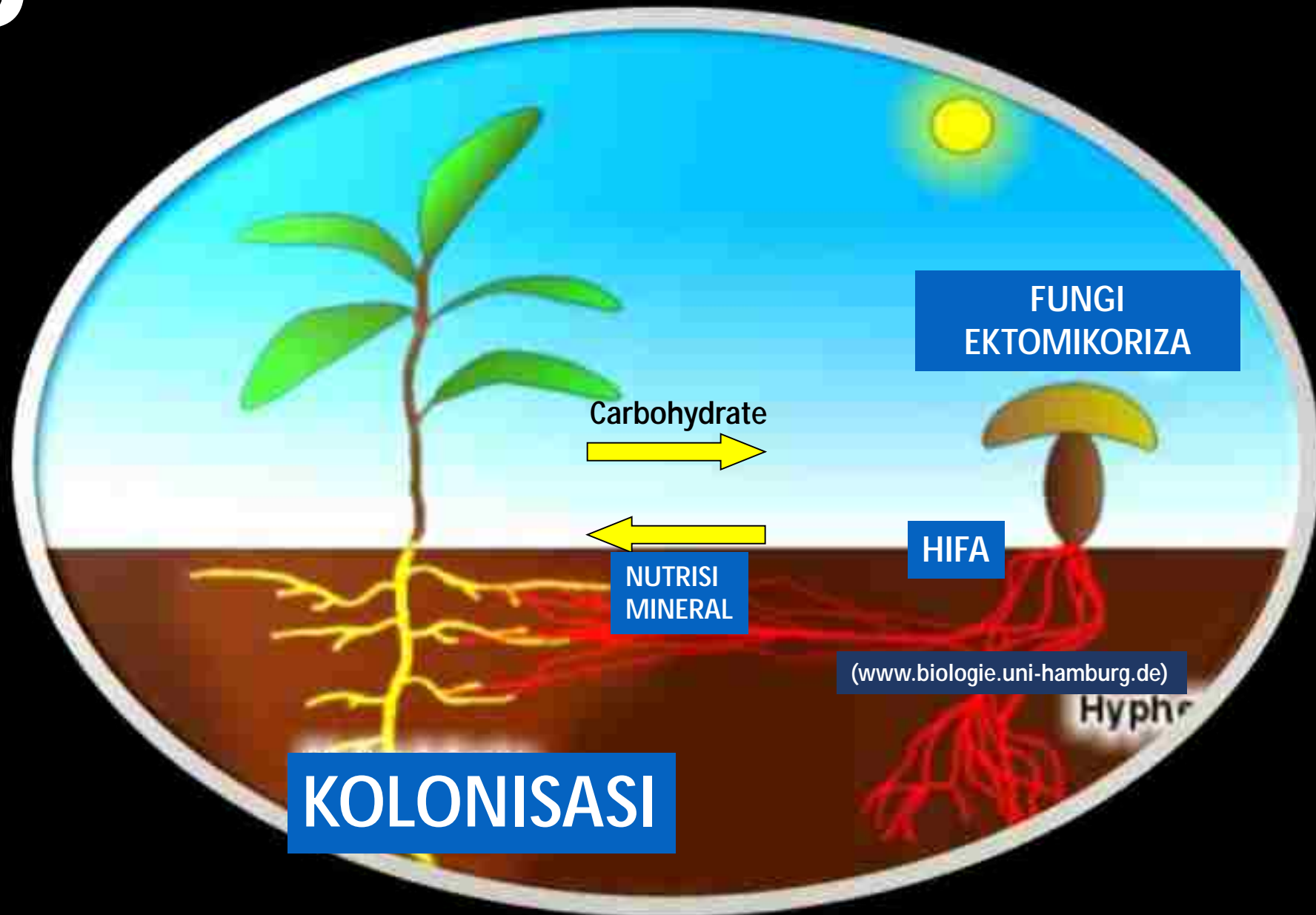
Anyaman Bambu



PURUN TIKUS

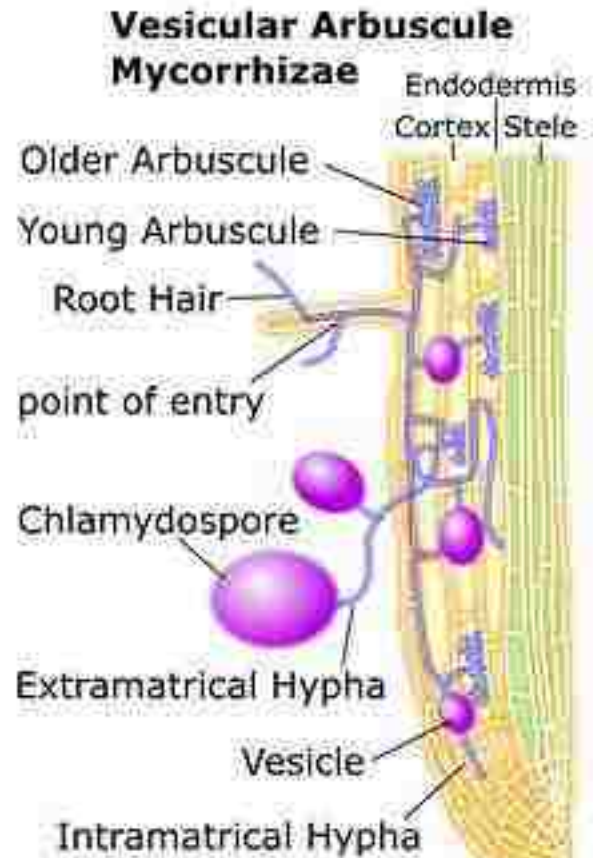
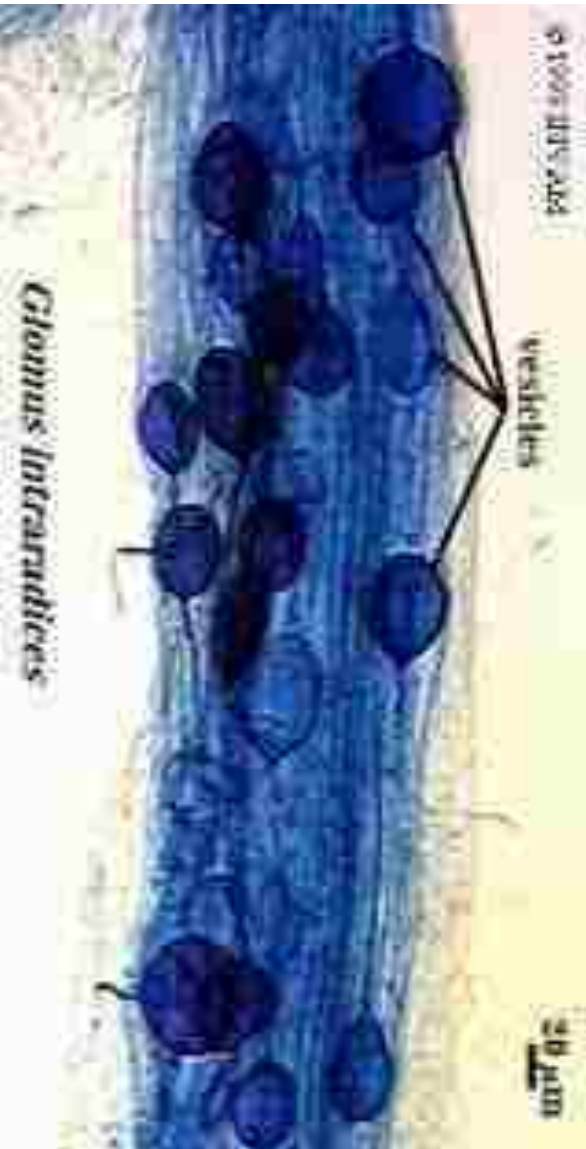


# 3 APA ITU SIMBIOSIS MIKORIZA?

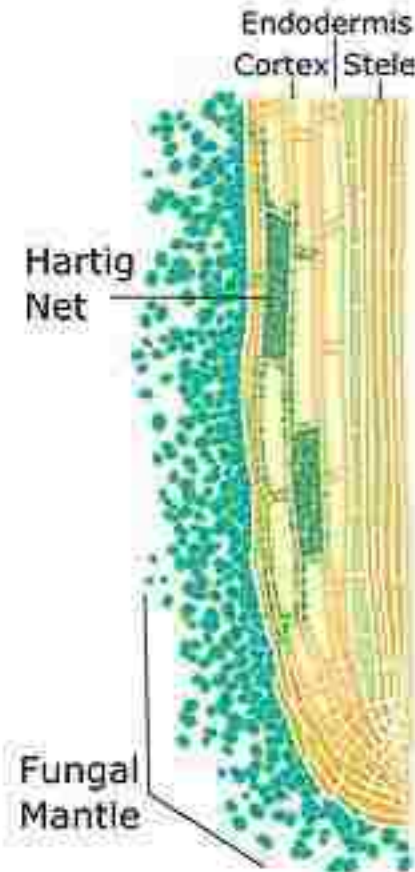


# PENGELOMPOKAN JAMUR MIKORIZA

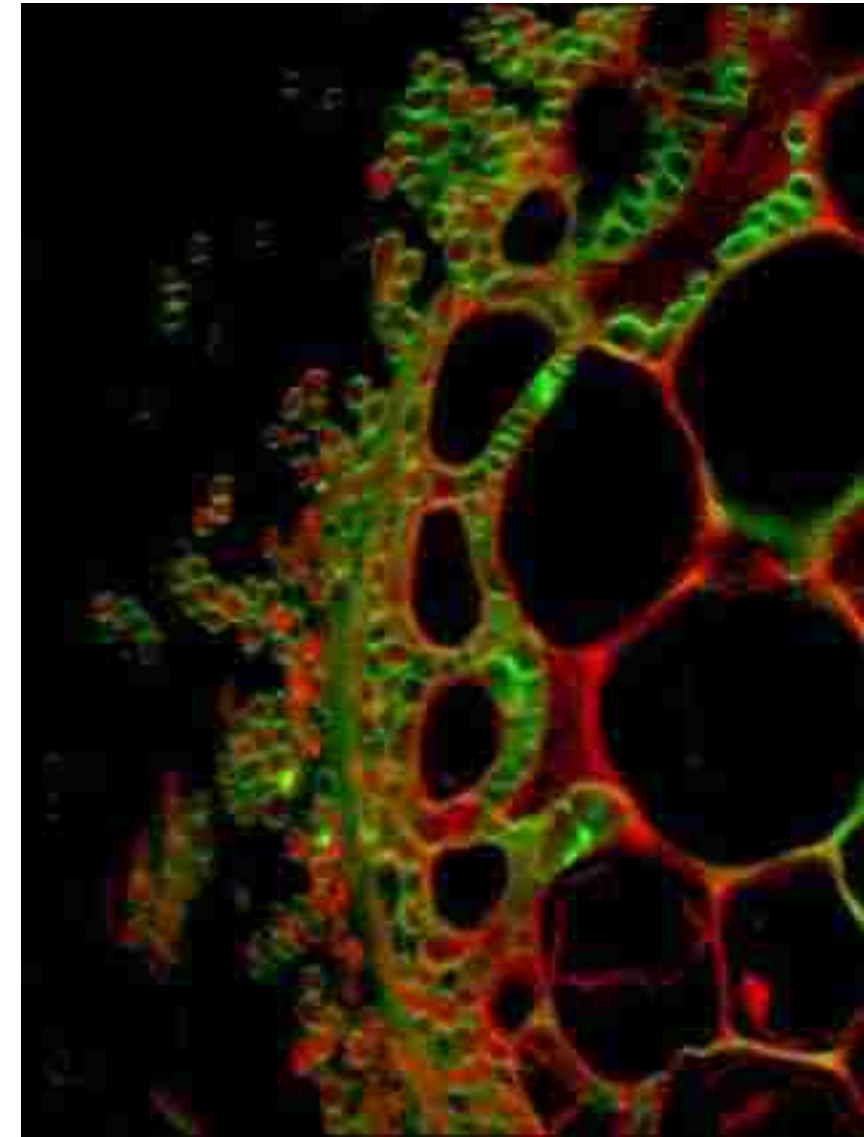
## MIKORIZA ARBUSKULA



### Ectomycorrhizae



## EKTOMIKORIZA





# Mikoriza Arbuskula

# Vs

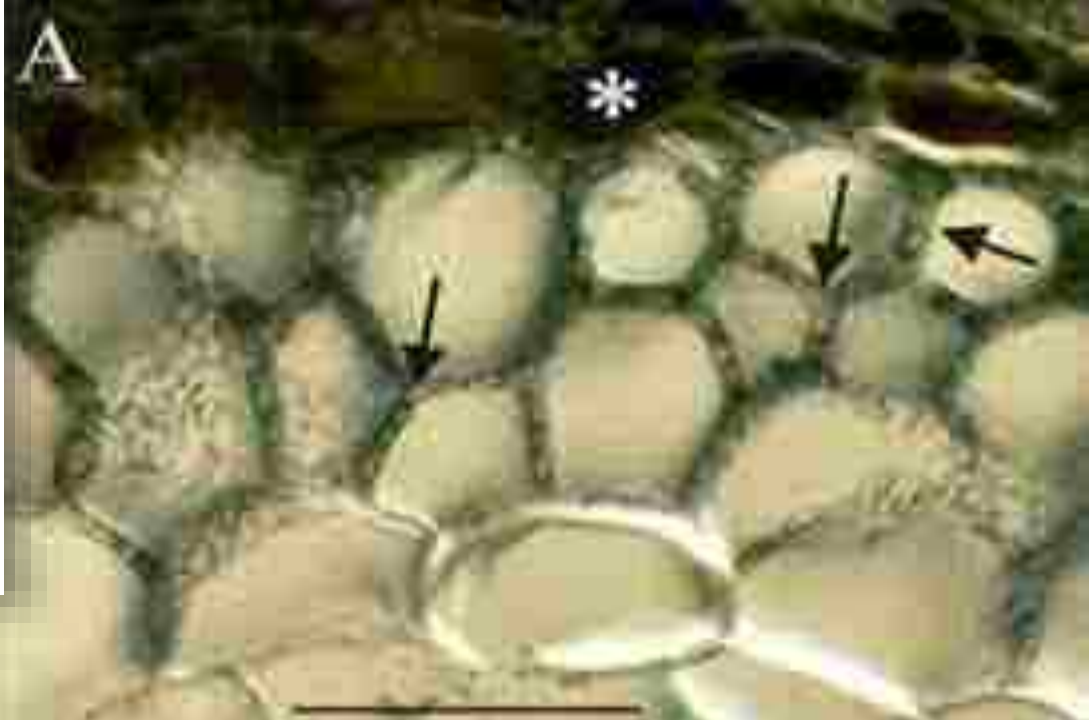
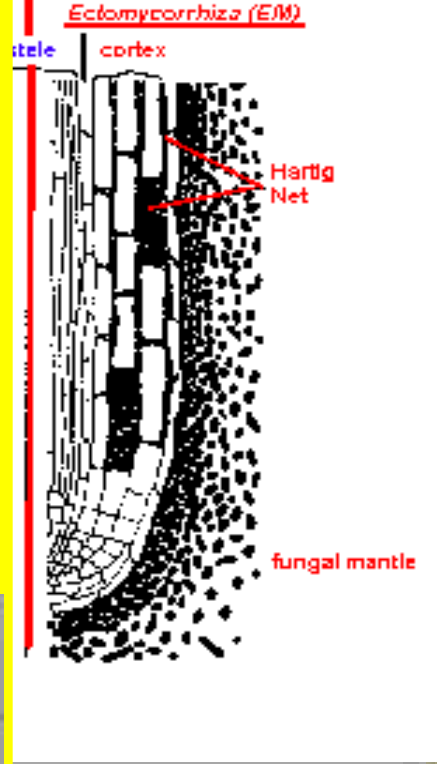
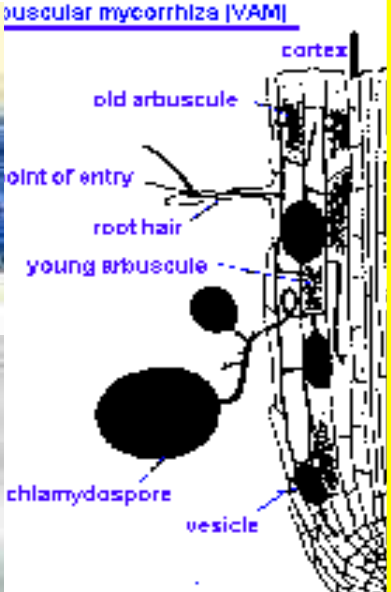
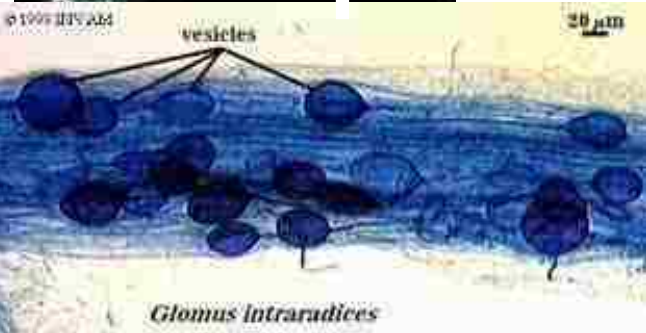
# EKTOMIKORIZA

# ±6000 species

Grown with Mycorrhizas

Grown without Mycorrhizas

# ±200 species





# SIMBIOSIS EKTOMIKORIZA



## BANGKIRAI HILL







# RISET MIKORIZA LOKAL PADA JENIS-JENIS POHON RAWA GAMBUT DI SUMATRA SECARA TIDAK LANGSUNG MELAKUKAN MITIGASI PERUBAHAN IKLIM



Makhluk kecil (mikron) sebagai mediator transaksi antara inang pohon dan tanah

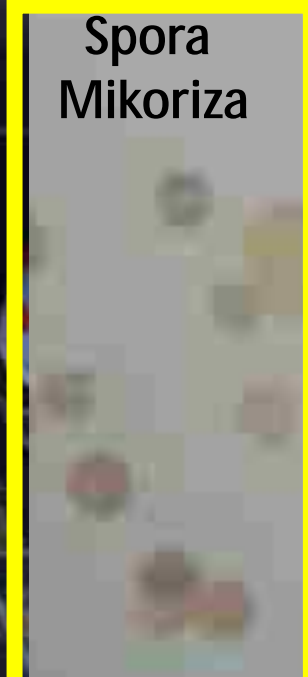


KULJAR  
EKALIPTUS

KULJAR  
KRASIKARPA

KULJAR  
EKALIPTUS

AKLIMATISASI DAN INOKULASI MIKORIZA







# Aplikasi Mikoriza Arbuskula pada tanaman kedelei di pulau Bintan

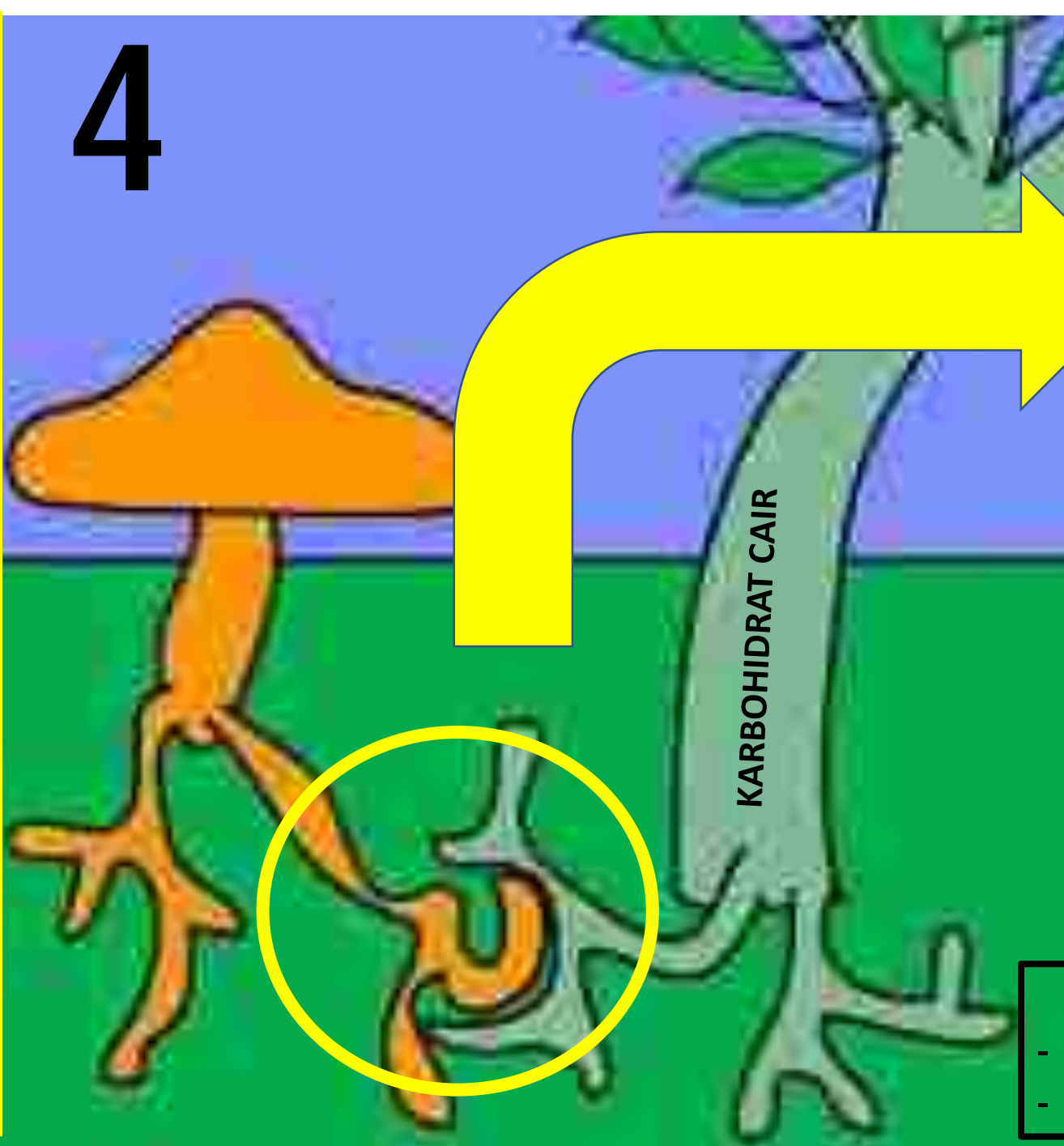


**Tanpa Pupuk Kimia**



# MAHAR SIMBIOSIS

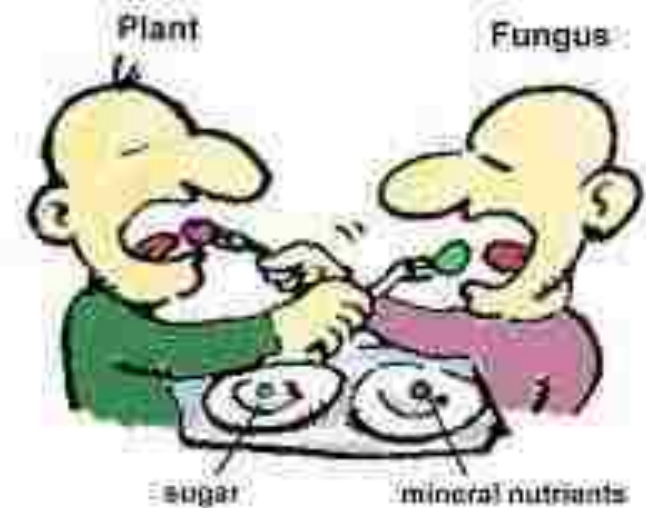
4



APA SIMBIOSIS POHON DAN  
JAMUR EKTOMIKORIZA ADA  
MAHARNYA ?  
**JAWAB : YA**

**POHON INANG MEMBERI KARBON  
(KARBOHIDRAT CAIR\_ GLUKOSA)**

Arbuscular mycorrhizal symbiosis



**JAMUR MIKORIZA**

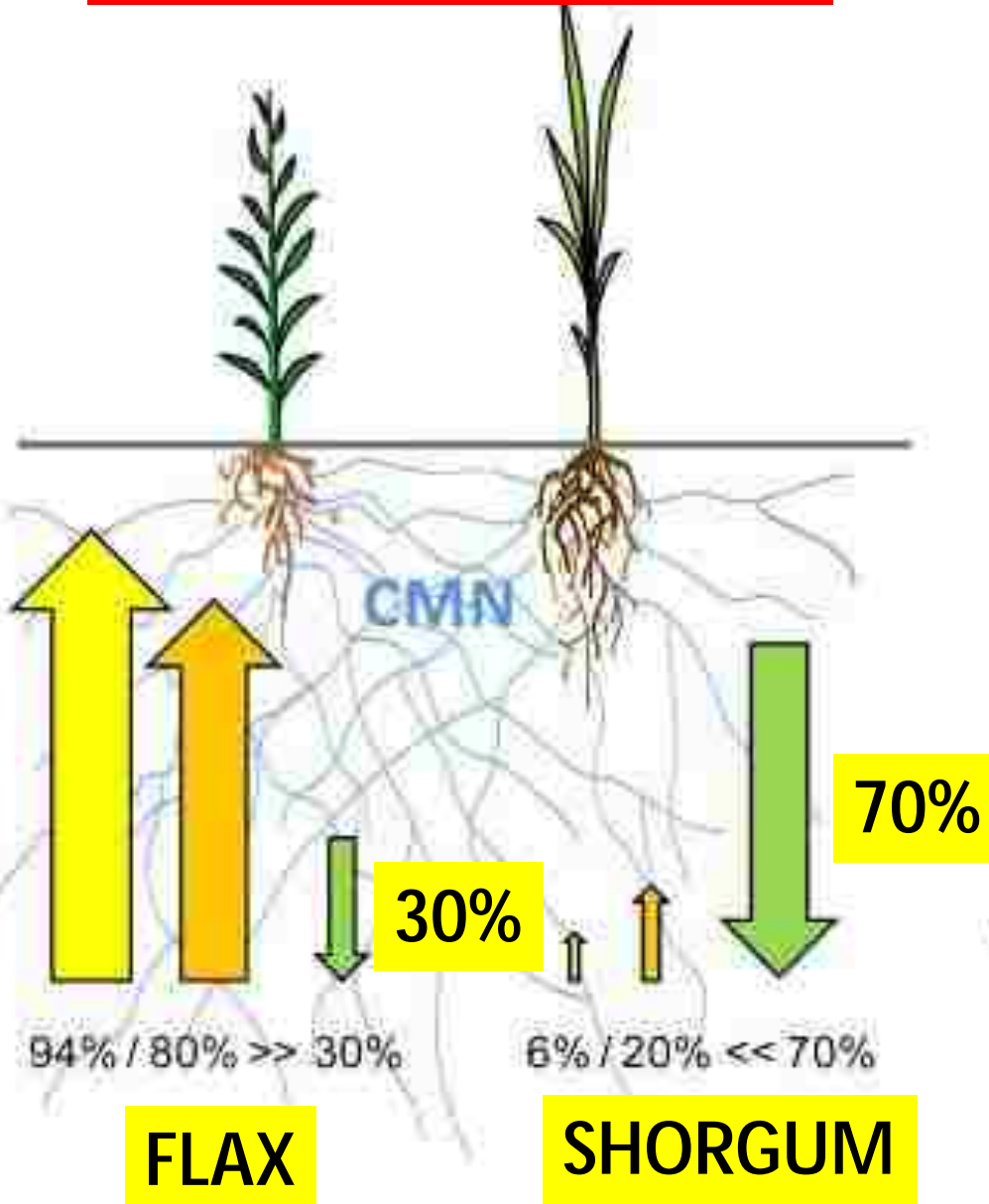
- Nutrisi essensial: N, P, K, Ca, Mg, dll.
- AIR



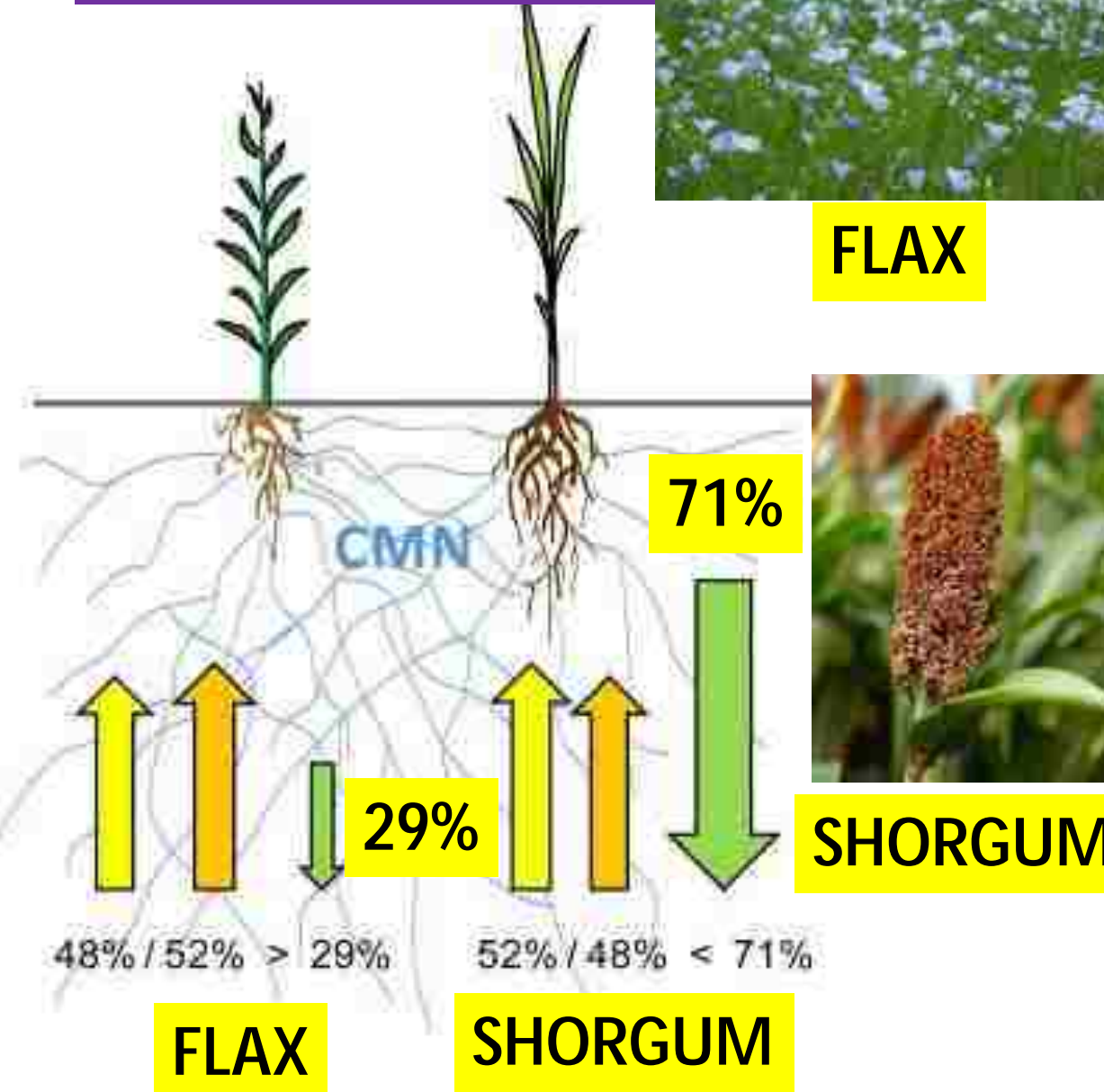
# MAHAR SIMBIOSIS

CMN = Common Mycorrhizal Network

## Glomus intraradices

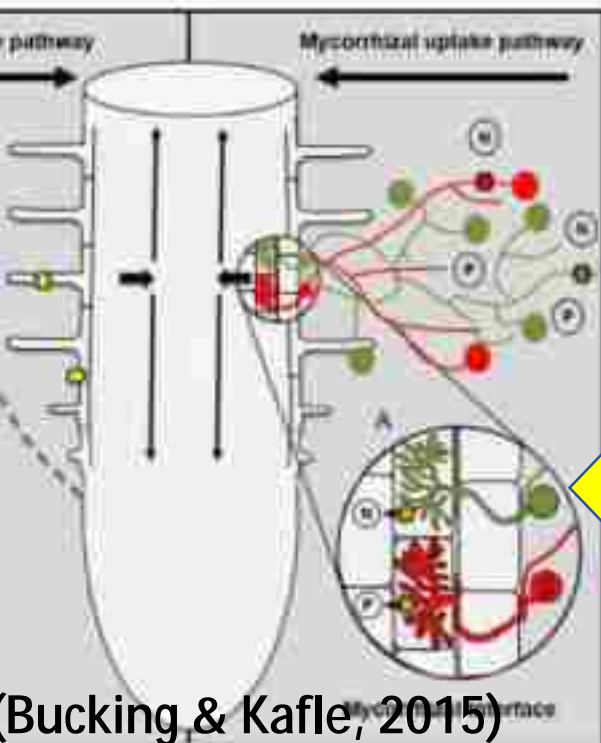


## Glomus mosseae



Legend:   
 Yellow arrow: P Uptake   
 Orange arrow: N Uptake   
 Green arrow: Carbon Investment

(Walder et al., 2012)



(Buckling & Kafle, 2015)

# POHON (inang)

**Shoot**      Reproduksi  
fiksasi  
karbon

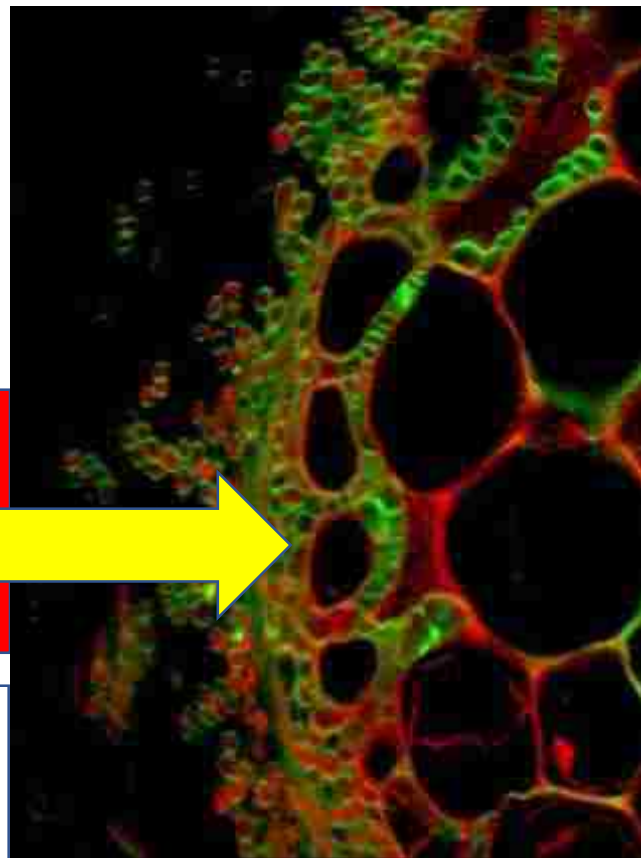
**Root**      gudang transit  
perolehan nutrisi  
& simpan karbon

## INTERFACE MIKORIZA

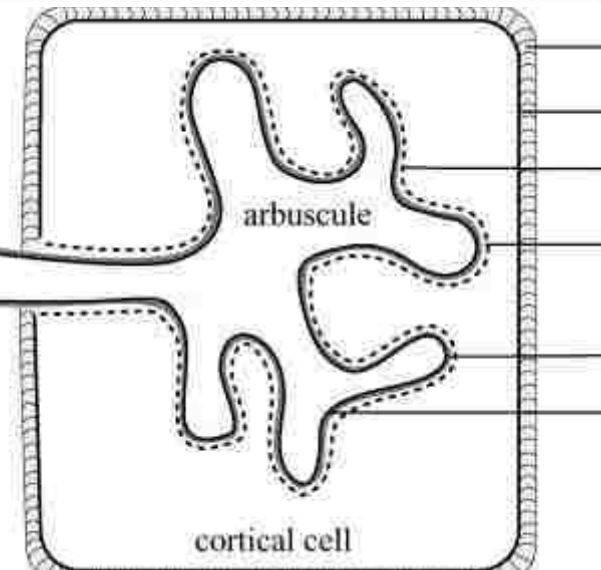
Tempat pertukaran aliran  
Karbon ke jamur dan aliran  
Nutrisi ke pohon



Interface Ektomikoriza



[http://mycor.nancy.inra.fr/IAM/?page\\_id=4555](http://mycor.nancy.inra.fr/IAM/?page_id=4555)

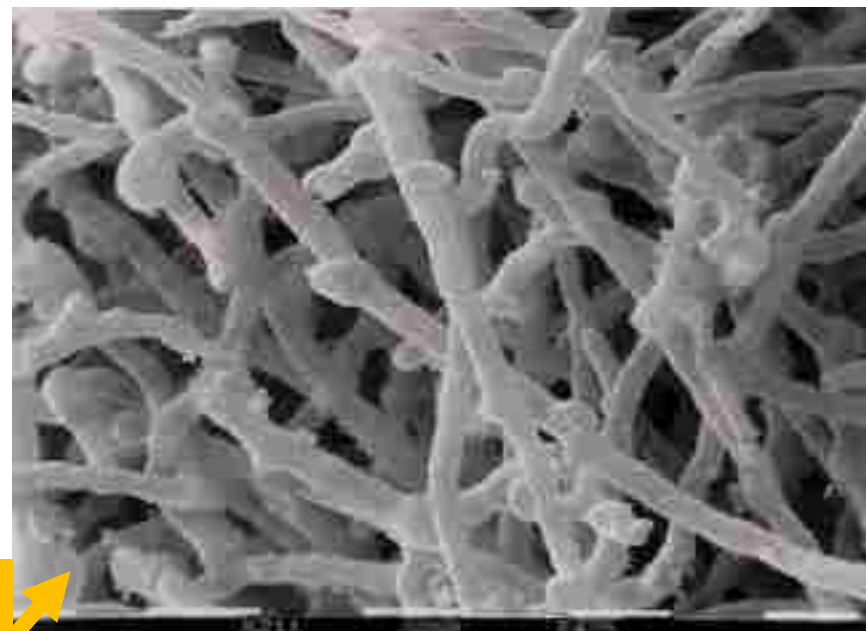
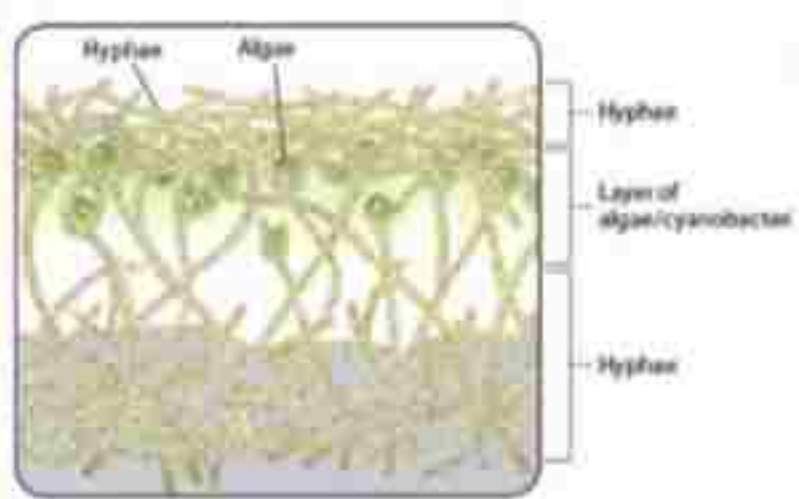
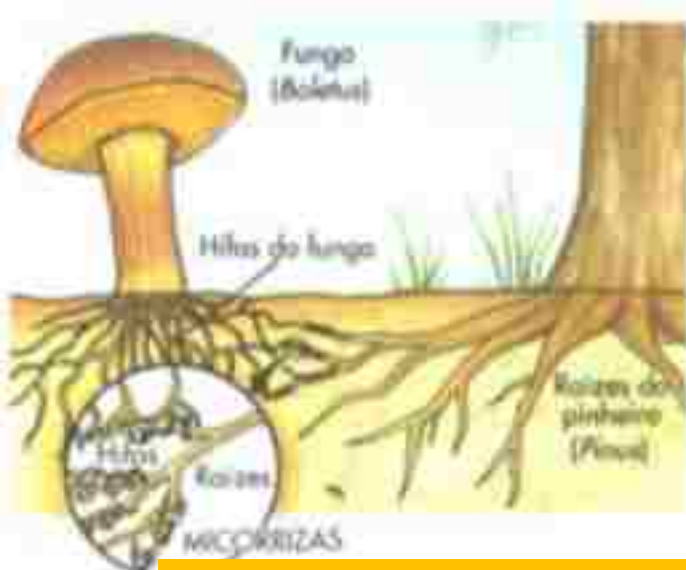


# JAMUR Mikoriza Arbuskula

**Struktur  
Mikoriza  
internal**      Perolehan karbon  
simpan karbon

**Struktur  
Mikoriza  
eksternal**      Perolehan nutrisi  
reproduksi spora  
Penempatan sumber  
karbon baru





**“CARBON STOCKS” YANG MUNCUL DI LANTAI HUTAN**



# 5

## Adaptasi & Status Simbiosis Fungi Ektomikoriza terhadap Perubahan Iklim

Fungi Ektomikoriza	INANG	Adaptasi Perubahan iklim	Waktu Panen	Produksi Jamur	Lokasi
1. Hemioporus retisporus	Tristaniopsis	+++	pergeseran	penurunan	pulau Bangka
2. Chantarellus cibarius	dipterokarpa	+++	pergeseran	penurunan	KHDTK Carita & Haurbentes
3. Pisolithus arhizus	Pinus merkusii	+++	pergeseran	penurunan	Perhutani
4. Scleroderma columnare	dipterokarpa	+++	pergeseran	penurunan	KHDTK Carita & Haurbentes
5. Morchella crassipes	-	+++	pergeseran	penurunan	TN. Gunung Rinjani



Hutan Kerangas

INANG  
POHON PELAWAN

Apakah perubahan iklim mengganggu waktu panen & produksinya?

Tristaniopsis obovata

Produksi Edible Mushroom menurun

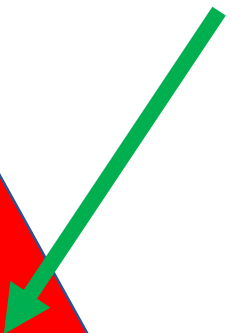
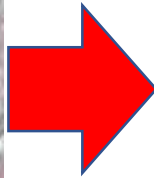
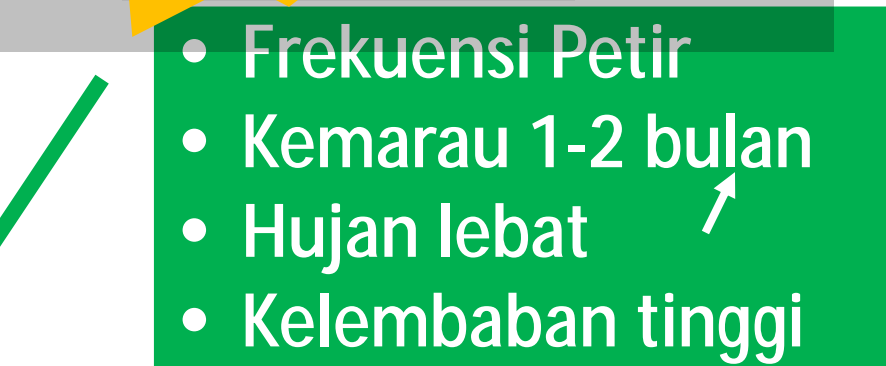
PERUBAHAN IKLIM

- Frekuensi Petir
- Kemarau 1-2 bulan
- Hujan lebat
- Kelembaban tinggi

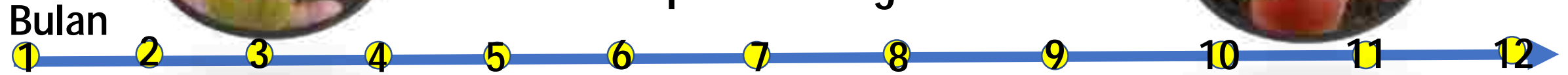
JAMUR  
EKTOMIKORIZA

Hemioporus retisporus

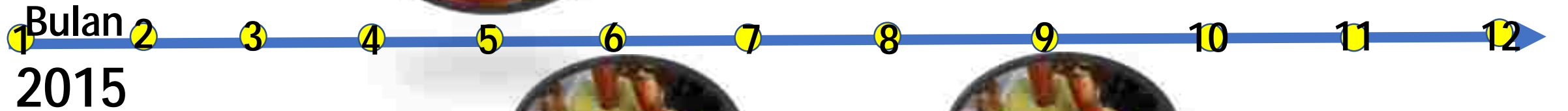
FAKTOR LINGKUNGAN



# Fluktuasi waktu panen jamur pelawan Di Kabupaten Bangka Barat



2014



2015



2016



2017



# Propinsi Kepulauan Bangka Belitung



**PANEN RAYA  
1 TAHUN SEKALI  
Berlimpah**

**Rp 750ribu-1 juta/kg**



**NASI MERAH + KULAT PELAWAN**

**Panen Jamur langka**

**Rp 1.5- 2 juta/kg**



AWAL MUSIM SEMI (SPRING)

MUSIM PANAS (SUMMER)

Musim Gugur (FALL)

Musim Dingin (WINTER)

<b>Morels</b> March - July		<b>Hedgehogs</b> Nov - March	
<b>Porcini</b> April - July		<b>Yellow Feet</b> Nov - March	
<b>Chanterelles</b> Aug - Jan		<b>Black &amp; White Truffles</b> Nov - March	
<b>Lobster</b> July - Oct		<b>Maitake</b> Sept - Nov	
<b>Matsutake</b> Sept - Nov		<b>Huckleberries</b> Aug - Nov	
<b>Black Trumpets</b> Nov - March		<b>Dried Mushrooms</b>	

Hutan Tropis

Musim Hujan (Sept-March)

Musim Kemarau (Apr - Aug)





Supa meranti



Cantharellus cibarius



**KHDTK CARITA**  
3000 Ha (1500 Ha)

TAHUN	KHDTK HAURBENTES	KHDTK CARITA
< 2005	50 – 100 kg	>100 kg
> 2005	1-5 kg	5-10 kg



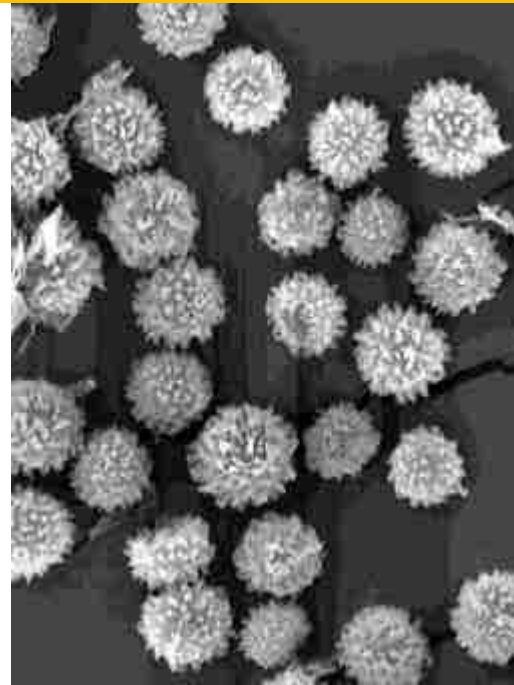
# Bahan Baku Biofertilizer untuk Pinus dan Meranti



Tablet spora



## PRODUKSI JAMUR EKTOMIKORIZA DI KPH BANYUMAS BARAT



Teknologi Mikoriza kapsul alginat

Memasok produksi bibit pinus di perhutani



# Pisolithus arhizus



Majenang		Ponorogo		Pati	
<2005	>2006	<2005	>2006	<2005	>2006
100-150 kg	10-30 kg	100-150 kg	10-20 kg	100-150 kg	10-20 kg



Memenuhi Inokulan Ektomikoriza khusus Pinus merkusii untuk Semua KPH Rimba di Perum Perhutani



# Scleroderma columnare



Dramaga		Haurbentes		Carita	
<2005	>2006	<2006	>2005	<2005	>2006
30 kg	1-2 kg	100 kg	5 kg	150 kg	10 kg
Memasok biofertilizer ektomikoriza untuk jenis2 Dipterocarpaceae					





Morel Rinjani

# Morchella crassipes

KONSUMEN : US, EU, CHINA, JAPAN, DLL.  
KEBUTUHAN : 900 TON/TAHUN  
NORTH AMERICA : 10 JUTA USD/TAHUN

CHINA : 50-90 TON/TAHUN  
PAKISTAN : 50 TON/TAHUN  
INDIA : 50 TON/TAHUN



TRADING KARBON DARI  
PEGUNUNGAN HIMALAYA

# Perubahan waktu panen jamur morel (SAPROFIT) Di Taman Nasional Gunung Rinjani

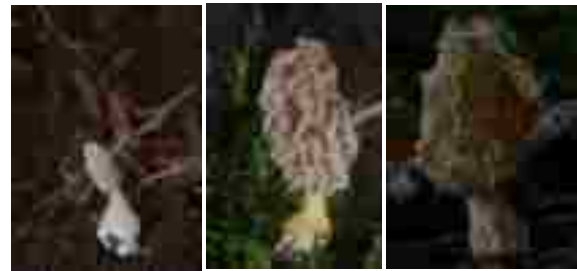
2012



Bulan

2013 ? 2014? 2015?

2017



Bulan



# JAMUR MOREL ASAL TN RINJANI



Jenis baru dari Sembalun- TN Rinjani- Lombok

**SURVEY AWAL MEI 2018  
PROSES IDENTIFIKASI DNA**



**1. Morchella crassipes  
2. Morchella sp. (?)**

# 6 Valuasi Edible mushroom

JAMUR TUMBUH DGN MEMANFAATKAN HASIL FIKSASI CO2 DARI TANAMAN HUTAN

Negara2 pengekspor Morel :

- China
- India
- Pakistan
- Turki
- Amerika Utara

Nilai komersial tahunan di Amerika Utara:

USD 5 juta -10 juta

Tiongkok 5 tahun terakhir ekspor morel :

181-900 ton

Harga Ekspor morel : 160 US/KG

India dan Pakistan Ekspor Morel Liar dari Gn. Himalaya :

50 ton/ per tahun

Harga : Rs. 14,000-15,000 per kg



# 1 Tuber/Truffles



# Saprofit

- Hidup : bahan organik (BO) lantai hutan
- BO kaya asam amino/protein
- Ikut jejaring makanan : pohon vs mikroba
- T & RH pegunungan > 1000 m
- Musim semi (Maret-Juli)



# 3 Matsutake



# 5 Morels



# Chanterelus

# Heimiosporus



# MOREL KERING DALAM KEMASAN MEWAH



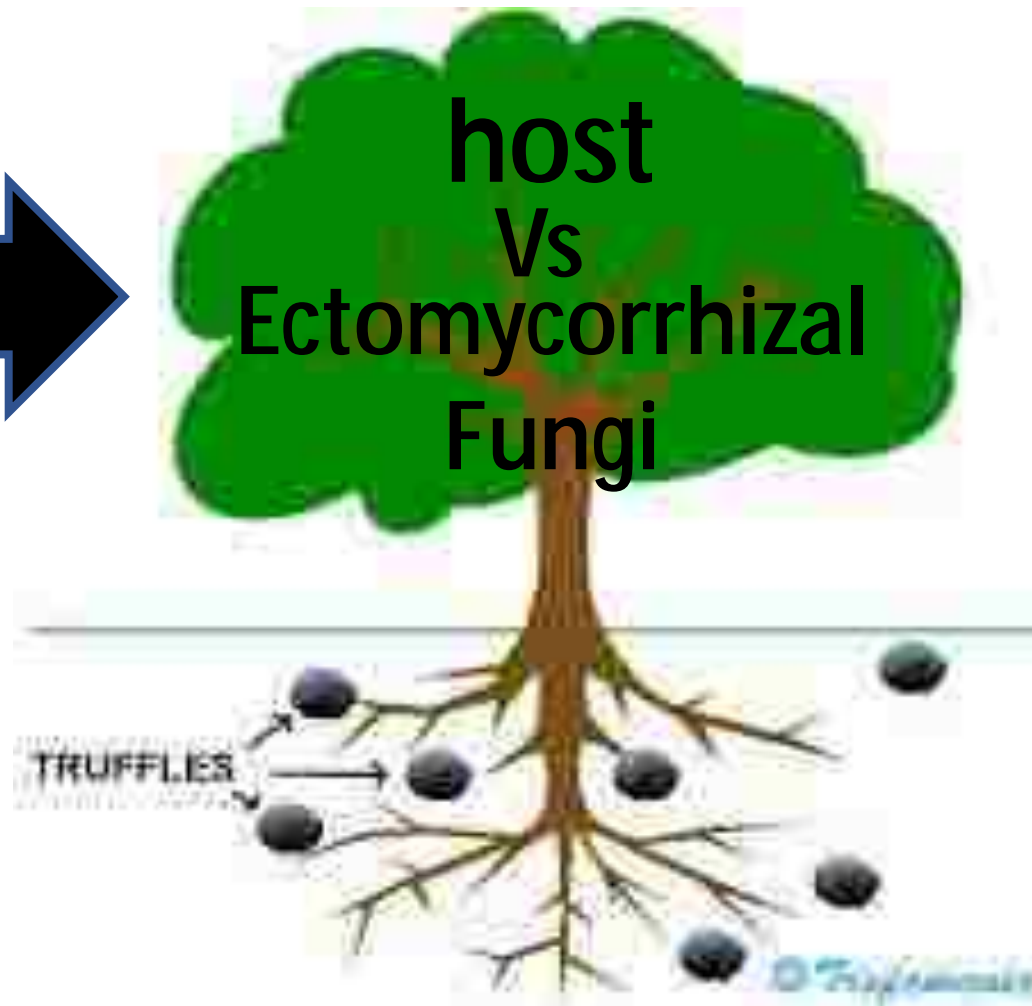
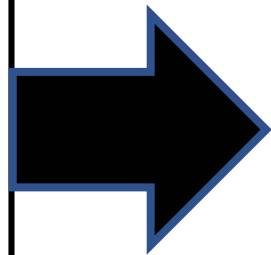
PRODUK KARBON DARI LANTAIHUTAN : JAMUR MOREL LIAR DIPASARKAN DI SUPER MARKET



# Tuber melanosporum (Ascomycetes)

- Beech
- Birch
- Hazel
- Hornbeam
- Oak
- Pine
- Poplar
- Walnut
- Olive

aix en provence



**Berburu jamur**



**Argillaceous (berlempung) and Calcareous (kapur)**

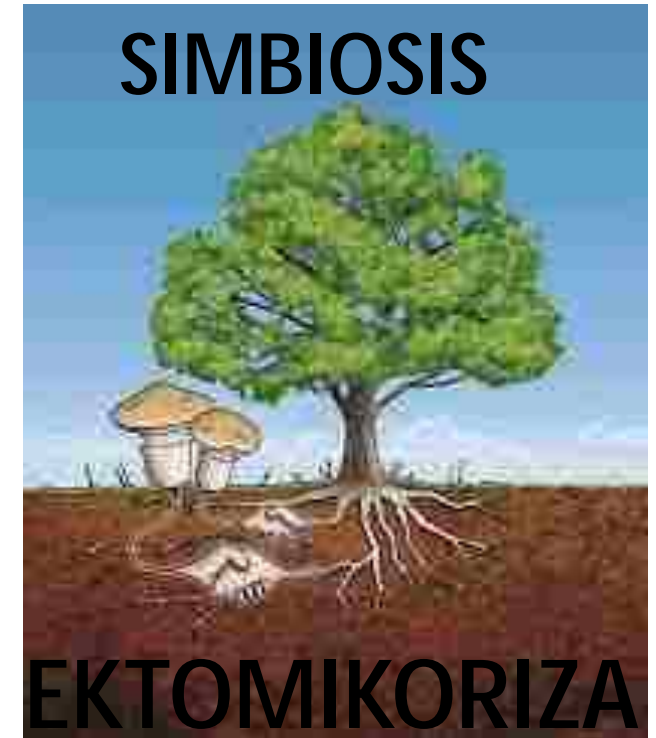


# Truffle dishes





# Tricholoma matsutake



Pinaceae  
Fagaceae  
Dipterocarpaceae



# Matsutake Dishes



Matsutake Tempura





# Kelompok fungi ektomikoriza (Basidiomycetes)



ADA DI KHDTK CARITA & HAURBENTES

# Chantharelus cibarius



Pinaceae

Dipterocarpaceae

Myrtaceae

Fagaceae

**BERDAGANG KARBON  
MIKROBA HUTAN**

Kelompok fungi ektomikoriza (Basidiomycetes)  
Di Hutan Kerangas- Bangka Belitung



# MYRTACEAE

- Tristaniopsis obovate*
- T. merguensis*
- T. whietiana*



## Heimiosporus retisporus (Boletaceae)



# Pasar tradisional jamur Edible Mushroom di Tiongkok

**BERDAGANG KARBON  
MIKROBA HUTAN**



# Komersialisasi jamur ektomikoriza asal hutan di Tiongkok

**BERDAGANG KARBON  
MIKROBA HUTAN**



Bangka- Belitung  
(Indonesia)



- Bernilai ekonomi tinggi
- Sumber pangan manusia
- Masuk Restaurant mewah



Cheng Du, Tiongkok



**FEEDING THE SOIL**

**FEEDING THE PLANT**

**BIOFERTILIZERS/  
Organic Fertilizers**

**Chemical Fertilizers**

Organic  
Matter

Plant  
Nutrients

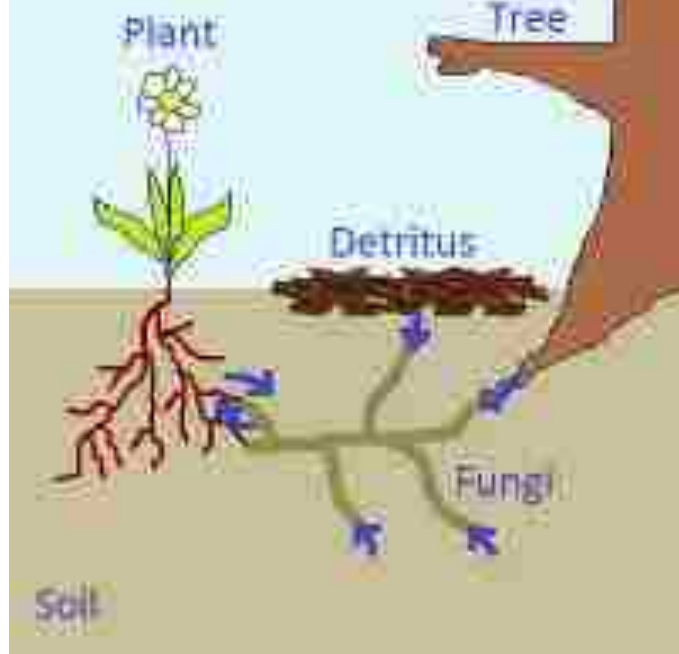
Plant  
Nutrients

Soil

Nutrients **Micro-organisms**

Berkontribusi  
dalam mitigasi  
Perubahan  
iklim

[http://www.majordifferences.com/2013/10/difference-between-organic-manures-and.html#.Wlv\\_Q6iWblU](http://www.majordifferences.com/2013/10/difference-between-organic-manures-and.html#.Wlv_Q6iWblU)



# 1 KG UREA

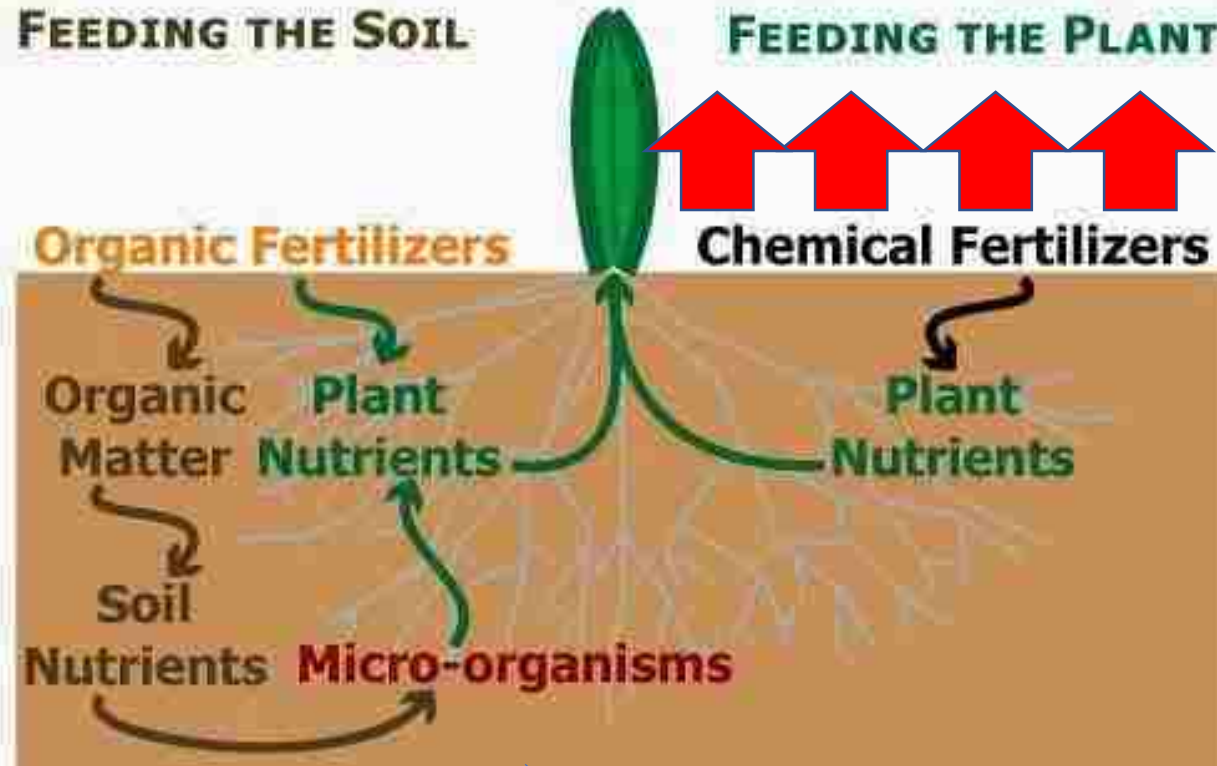
- Energi = 6.083, 23 KJ
- Energi uap = 5.845, 63 KJ
- Energi Listrik = 220, 85 KJ
- Energi air ketel = 16,74 KJ

## FEEDING THE SOIL

## FEEDING THE PLANT

### Organic Fertilizers

### Chemical Fertilizers



Fosfor putih diperoleh dengan proses Wohler, yaitu dengan memanaskan campuran  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{SiO}_2$  dan kokas pada suhu  $1300\text{ }^\circ\text{C}$  dalam tanur listrik.





# GLOBAL CLIMATE CHANGE

## Vital Signs of the Planet

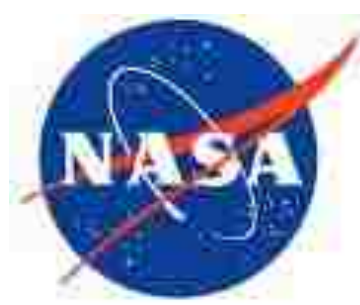
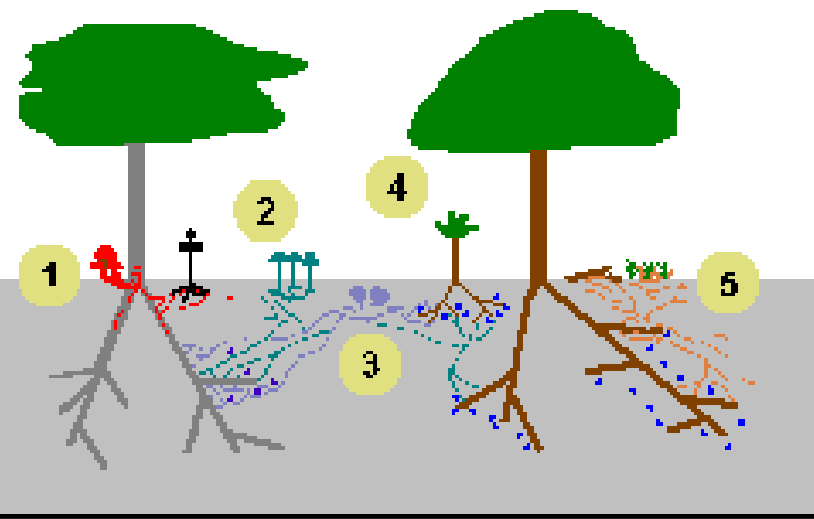
By Carol Rasmussen,

NASA's Earth Science News Team (30 Maret 2016)

- Memanfaatkan jamur Mikoriza sebagai indikator perubahan iklim di masa depan
- Observasi kelangsungan hidup simbiosis antara Pohon dan Mikoriza dan kondisi hutan dapat dimonitoring terus-menerus
- Metode pengamatan via satelit dari "Observatory Global Forest Earth Smithsoian Institution"
- Memetakan simbiosis antara jamur dan inangnya

<https://climate.nasa.gov/news/2424/satellite-images-uncover-underground-forest-fungi/>





# GLOBAL CLIMATE CHANGE

## Vital Signs of the Planet

- proses simbiosis yang terjadi antara mikoriza dan akar pohon dapat menunjukkan perubahan iklim yang terjadi.
- Tandanya adalah berupa bergugurannya beberapa pohon di waktu tertentu dan kembali menghijanya dedaunan pohon saat kurun proses hubungan dalam beberapa waktu tertentu
- Dengan ditemukannya metode ini, para peneliti berharap masalah pencemaran lingkungan dan juga pengrusakan lingkungan karena tingkat polusi yang meningkat dapat diatasi di masa depan

<https://climate.nasa.gov/news/2424/satellite-images-uncover-underground-forest-fungi/>





- Setiap jenis pohon memiliki tanda SIDIK JARI khas - ia menyerap atau memantulkan cahaya dalam pola tertentu di semua panjang gelombang dalam spektrum cahaya.
- Dengan menggunakan gambar satelit kanopi hutan, peneliti dapat mengidentifikasi pola SIDIK JARI jenis pohon yang bersimbiosis dengan satu jenis jamur mikoriza yang berbeda pada jenis pohon yang bersimbiosis dengan jenis mikoriza lainnya.

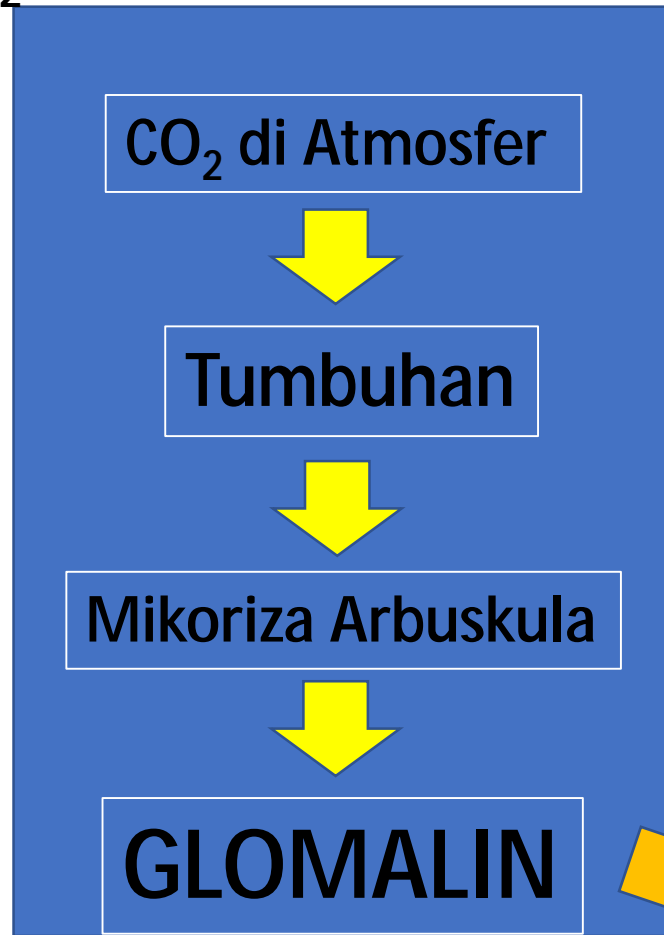
Jamur mikoriza (putih / kuning) memperdagangkan nutrisi untuk mendapatkan karbon dari akar pohon (coklat)

Source : Indiana University

# 8

## PERAN MIKORIZA UNTUK MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

- Pemanasan global menjadi kekhawatiran saat ini
- CO<sub>2</sub> di atmosfer kontribusi pemanasan global



Sejenis glikoprotein ditemukan di tanah,  
Yang penting dalam penyimpanan karbon



Mikoriza Arbuskula dapat memitigasi perubahan iklim melalui produksi glomalin untuk menyimpan karbon di dalam tanah

**"LEM TANAH"**

Source : Sherry Darabi



# MYCORRHIZAE & GLOMALIN

Glomalin gives soils its *tilth*—a subtle texture that enables experienced farmers and gardeners to judge great soil by feeling the smooth granules as they flow through their fingers. Arbuscular mycorrhizal fungi, found living on plant roots around the world, appear to be the only producers of glomalin.

*Glomalin: The "glue" that binds soil*

## The Advantage of Glomalin

### Properties

- Formed by Arbuscular Mycorrhizal Fungi
- Beneficial to most crop plants
- Found in all soils
- Produced in large amounts
- Extremely "tough"
- Does not dissolve in water
- Resistant to decay



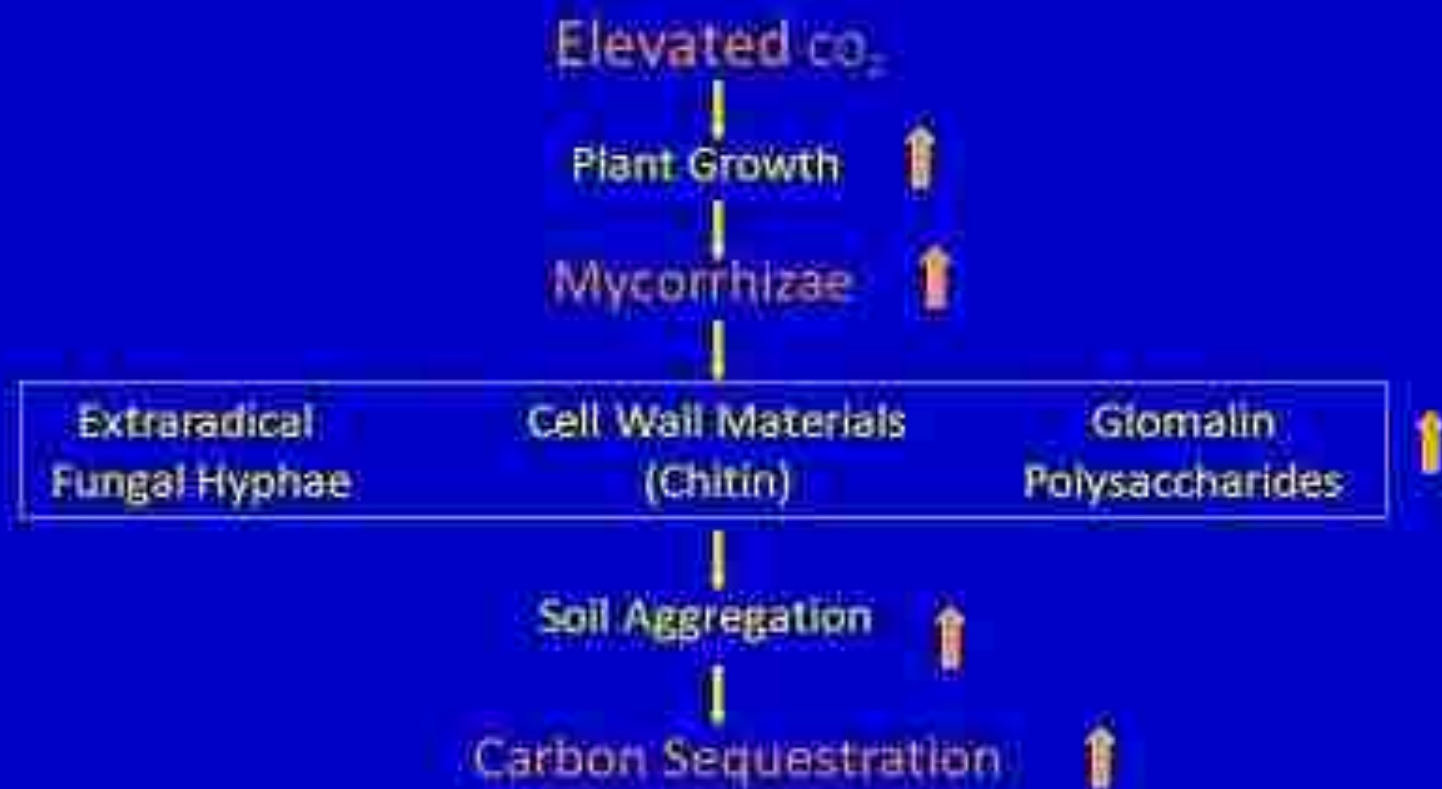
Arbuscular mycorrhizal fungi growing on a root. The root is covered in small, dark, branched structures called arbuscules, which are the site of nutrient exchange between the plant and the fungus.

### Function

- Soil carbon and/or nitrogen storage
- Increases water retention near roots
- Improves nutrient cycling
- Increases water infiltration
- Improves root penetration by reducing compaction
- Protect hyphae from nutrient loss
- Glue together soil aggregates
- Stabilize aggregates
- Reduces wind and water erosion



# The current paradigm of elevated CO<sub>2</sub> impact on soil C



Rillig et al., 1999, Nature;  
Antoninka et al. 2009, GCB.

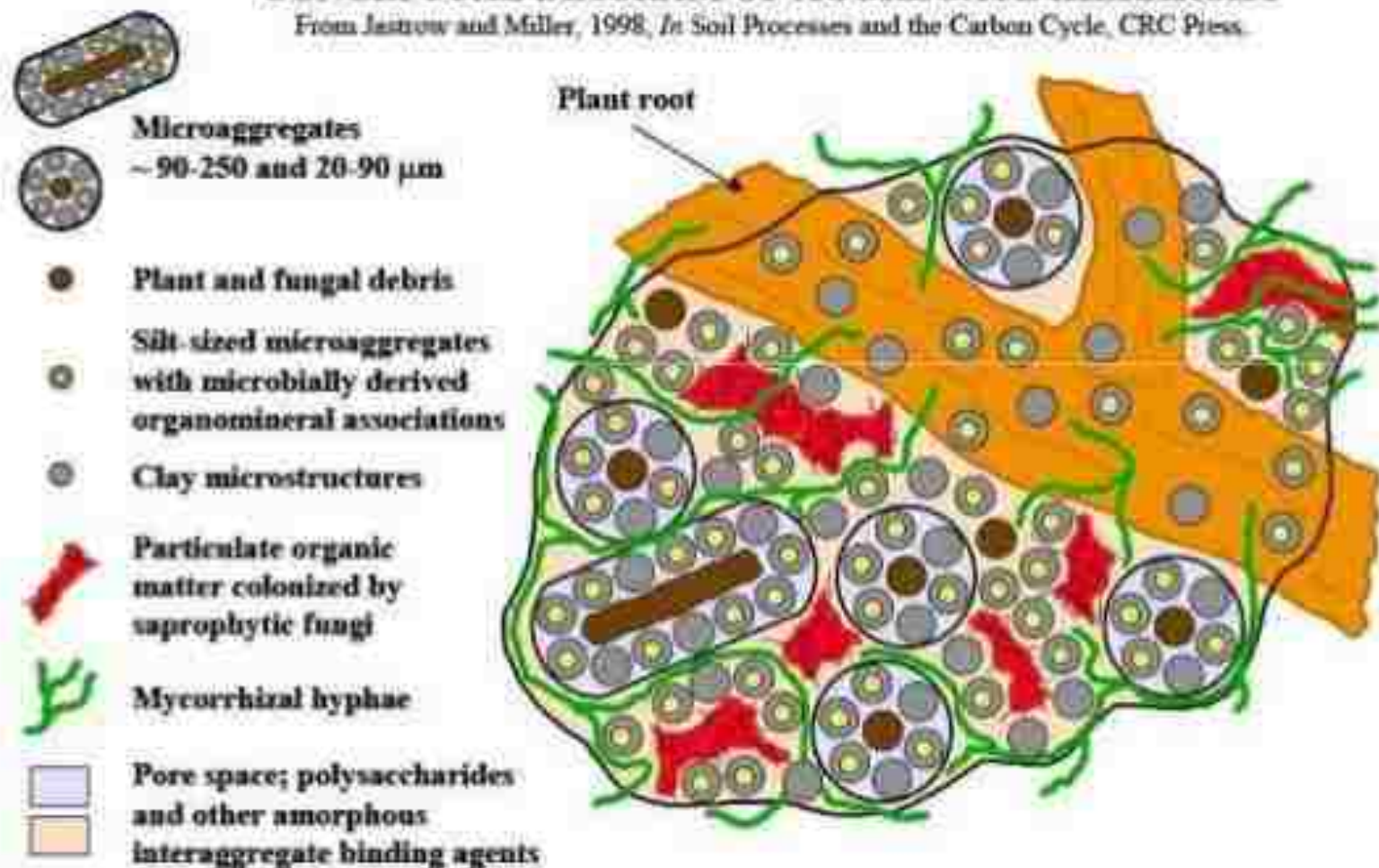
Treseder & Allen, 2000, New Phytol.  
Wilson et al. 2009, Ecol. Letters



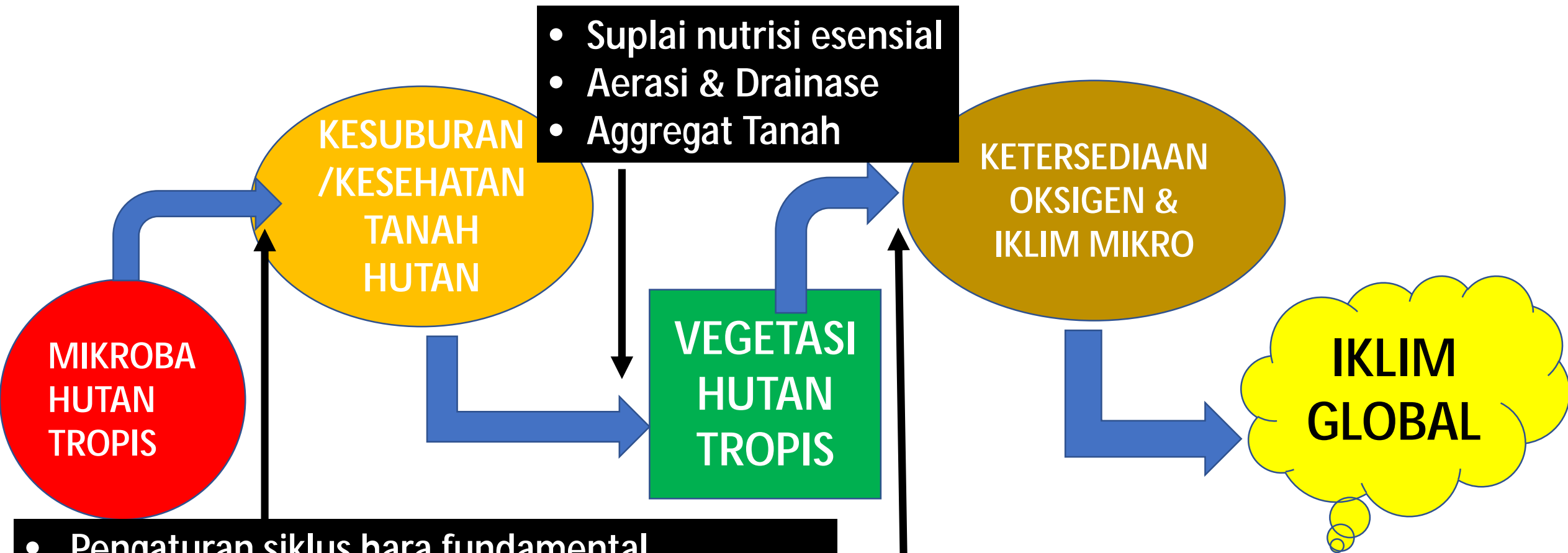
# Soil Aggregation

## CONCEPTUAL DIAGRAM OF AGGREGATE HIERARCHY

From Jastrow and Miller, 1998, *In Soil Processes and the Carbon Cycle*, CRC Press.



# ADAPTASI MIKROBA HUTAN TERHADAP PERUBAHAN IKLIM



- Suplai nutrisi esensial
- Aerasi & Drainase
- Agregat Tanah

KESUBURAN  
/KESEHATAN  
TANAH  
HUTAN

KETERSEDIAAN  
OKSIGEN &  
IKLIM MIKRO

MIKROBA  
HUTAN  
TROPIS

VEGETASI  
HUTAN  
TROPIS

IKLIM  
GLOBAL

- Pengaturan siklus hara fundamental
- Struktur tanah dan bioremediasi polutan
- Drainase dan aerasi tanah
- Jejaring komunitas mikroba di rhizosfer
- Proses simbiosis & investasi karbon dgn Inang
- Menetralisir gas2 rumah kaca NOx & Methane

- Menyerap CO<sub>2</sub>
- Produksi O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O
- Minimalisir radiasi cahaya
- Menyerap air yg jatuh ke tanah
- Menyimpan cadangan air tanah



# 9 SUMMARY

- Mikroba berbiak cepat (hitungan jam) sehingga dapat BERADAPTASI, meresponse, berevolusi, dan berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim global saat ini
- Mikroba dapat BERADAPTASI dgn VALUE yang tinggi dalam proses mitigasi perubahan iklim
- Mikroba sebagai mediator lebih memahami perubahan iklim dgn sistem biologi dan siklus global biogeokimia
- NASA menjadikan mikoriza yang bersimbiosis dengan inang pohon sebagai kunci indikator perubahan iklim

# SUMMARY

- Peneliti dapat mempelajari fokus efek perubahan iklim pada mikroba yang kemudian memahami dan mudah memprediksi masa depan efek perubahan iklim pada semua bentuk kehidupan
- Pertumbuhan pohon dgn interaksi jamur mikoriza dan bakteri simbiotik untuk menstabilkan bahan organik tanah sehingga meningkatkan penyimpanan karbon (carbon sequestration)



# 10 REKOMENDASI

Aplikasi biofertilizer pada bibit pelawan di hutan kerangas, BaBel



KEGIATAN  
REHABILITASI/REFORE  
STASI/RESTORASI  
HUTAN TROPIS YANG  
TERDEGRADASI



AKSI MITIGASI  
PERUBAHAN IKLIM

Pemanfaatan dan aplikasi biofertilizer berbasis mikroba hutan dalam kegiatan rehabilitasi /reforestasi merupakan dukungan penguatan aksi mitigasi & adaptasi perubahan lingkungan



**The future is in our hands...**

**and in the collective “hands” of our microbial partners**

**Working with them, we can create a sustainable path forward**



**Gary King, Ph.D**



# TERIMA KASIH

